

Maurer, Christian [Hrsg.]

**Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018**

Regensburg : Universität Regensburg 2019, 937 S. - (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik; 39)



Empfohlene Zitierung/ Suggested Citation:

Maurer, Christian [Hrsg.]: Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018. Regensburg : Universität Regensburg 2019, 937 S. - (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik; 39) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-167538  
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-pedocs-167538>

**Nutzungsbedingungen**

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz:  
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/deed> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen, solange Sie den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

**Terms of use**

This document is published under following Creative Commons-License:  
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/deed.en> - You may copy, distribute and render this document accessible, make adaptations of this work or its contents accessible to the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



**Kontakt / Contact:**

peDOCS  
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation  
Informationszentrum (IZ) Bildung  
E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)  
Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

# Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik  
Jahrestagung in Kiel 2018

Christian Maurer (Hg.)  
Naturwissenschaftliche  
Bildung als Grundlage für  
berufliche und  
gesellschaftliche Teilhabe

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP)

Herausgeber: Christian Maurer

Vorstand: Karsten Rincke (Sprecher), Katrin Sommer,  
Christoph Vogelsang, Markus Rehm

Erscheinungsjahr 2019



<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/de/>

Gesellschaft für  
Didaktik der Chemie  
und Physik  
Band 39



Christian Maurer (Hg.)

# Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe

Gesellschaft für Didaktik der  
Chemie und Physik  
Jahrestagung in Kiel  
2018

---

Universität Regensburg

## **Inhaltsverzeichnis**

---

### **Vorwort und Einführung**

CHRISTIAN MAURER

Vorwort 1

KARSTEN RINCKE & KNUT NEUMANN

Einführung 2

### **Widmung**

RITA TANDETZKE

Herrn Professor Dr. Andreas Kometz zum Gedenken – Lebenslinie und wissenschaftliches Wirken 5

### **Plenarvorträge**

AYELET BARAM-TSABARI

Evidence for the Usefulness of Science Knowledge and Science Education in the Lives of Non-Scientists 7

ANDREAS BOROWSKI

Die Bedeutung naturwissenschaftlichen schulischen Lernens für das wissenschaftliche Studium. 14

THORID RABE

Identitätsaushandlungen zu Physik als Aspekt naturwissenschaftlicher (Grund)Bildung? 25

### **Schwerpunkttagung**

HEIKO KRABBE, HENDRIK HÄRTIG & BERND RALLE

Sprache in naturwissenschaftlichen Lehr-Lernprozessen 40

### **Workshop**

DAVID WOITKOWSKI & CHRISTOPH VOGELSANG

Literaturliste: Grundlegende Texte der Didaktik der Chemie und Physik – Aktueller Stand der Arbeiten – 48

## II

### Gruppenvorträge

#### Vortragsblock A

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| TIM KRAMER, HENDRIK LOHSE-BOSENZ, TOBIAS DÖRFLER & MARKUS REHM         |     |
| Pilotierung des Nature of Science-Vignettentests EKoL-NOS              | 54  |
| STEFAN MÜLLER & CHRISTIANE S. REINERS                                  |     |
| Resistente Vorstellungen von Lehramtskandidaten über Nature of Science | 58  |
| REBEKKA ROETGER & RITA WODZINSKI                                       |     |
| Vorstellungen von Studierenden zum naturwissenschaftlichen Arbeiten    | 62  |
| PETER HEERING                                                          |     |
| Projekt StoryTelling – Ausgewählte Aspekte der Evaluation              | 66  |
| Symposium: „Experimentelle ‚Kompetenz‘ – ein nützliches Konstrukt?“    |     |
| ANDREAS NEHRING, MARTIN SCHWICHOW & CHRISTOPH GUT-GLANZMANN            |     |
| Symposium „Experimentelle ‚Kompetenz‘ – ein nützliches Konstrukt?“     | 70  |
| ANGELA BONETTI, CHRISTOPH GUT, SUSANNE METZGER & MAIK WALPUSKI         |     |
| Performanz beim Experimentieren mit und ohne Experimentiermaterial     | 73  |
| MARTINA BRANDENBURGER & MIKELSKIS-SEIFERT SILKE                        |     |
| Facetten experimenteller Kompetenz in den Naturwissenschaften          | 77  |
| MATTHIAS UNGERMANN & VERENA SPATZ                                      |     |
| Nature of Science im Schüler*innen-Labors Physik vermitteln            | 81  |
| JASMIN MEYER, JESCO SCHRADER & ANDREAS NEHRING                         |     |
| Dimensionen des NOSI Verständnisses in latenten Profilanalysen         | 85  |
| CHRISTOPH HOLZ & SUSANNE HEINICKE                                      |     |
| Unsicherheit – ein ungeliebter Gast im Physikunterricht?               | 89  |
| LISA STINKEN-RÖSNER                                                    |     |
| Schätzen - Aber wie?                                                   | 93  |
| HANNA GRIMM, MARIA TODOROVA & KORNELIA MÖLLER                          |     |
| Verändern von Präkonzepten durch adäquates Schlussfolgern?             | 97  |
| ANDREAS JACKOWSKI & STEFAN RUMANN                                      |     |
| Training des konzeptuellen Verständnisses der Struktur der Materie     | 101 |

### III

#### Vortragsblock B

##### Symposium: „Kriterien und Effekte von digitalen Medien in inklusiven Lerngruppen“

ANDREAS NEHRING, SIMONE ABELS, LISA ROTT & NETZWERK INKLUSIVER  
NATURWISSENSCHAFTLICHER UNTERRICHT

Kriterien und Effekte von digitalen Medien in inklusiven Lerngruppen. Ein  
Symposium des Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht  
(„NinU“) 105

JULIAN KÜSEL & SILVIJA MARKIC

Entwicklung einer videobasierten, sprachsensiblen Unterrichtseinheit 109

MALTE WALKOWIAK & ANDREAS NEHRING

Barrierefreiheit und Testzugänglichkeit in Interventionsstudien: Universal  
Design for Assessment and Universal Design for Learning in einer digital-  
basierten Lernumgebung zur Förderung von NOS-Konzepten 113

THOMAS BAUMANN & INSA MELLE

Evaluation multimedialer Lernumgebungen im inklusiven Chemieunterricht 117

LAURA MUTH & ROGER ERB

Inklusives Experimentieren im Physikunterricht 121

FELIX PAWLAK & KATHARINA GROß

Classroom-Management im inklusiven Chemieunterricht 125

LILITH RÜSCHENPÖHLER & SILVIJA MARKIC

Psychologische Muster in Chemie-Selbstkonzepten 129

SILVIJA MARKIC & YANNIK TOLSDORF

Entwicklung universitärer Lehre nach Partizipativer Aktionsforschung 133

KATRIN SCHÜßLER & MAIK WALPUSKI

Kognitive Belastung von Erstsemesterstudierenden in Laborpraktika 137

ANN-KATHRIN JOSWIG & JOSEF RIESE

Die Veränderung physikdidaktischen Wissens im Lehr-Lern-Seminar 141

IRA CASPARI & NICOLE GRAULICH

Verknüpfung von Aspekten und Struktur mechanistischen Denkens 145

#### IV

|                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TANJA ATTREE & MANUELA WELZEL-BREUER                                                                                                        |     |
| Entwicklung von Planungskompetenzen im Laufe einer Lehrerfortbildung                                                                        | 149 |
| HANNE RAUTENSTRAUCH, DOMINIK HEIDENREICH & MAIKE BUSKER                                                                                     |     |
| Nawi-Unterricht und Fachunterricht Chemie im Vergleich                                                                                      | 153 |
| MARIE-THERESE HAUERSTEIN & HELENA VAN VORST                                                                                                 |     |
| Zum Einfluss von Strukturierung und Differenzierung                                                                                         | 157 |
| ANJA LEMBENS, SUSANNE MANNERSCHMID, SUSANNE JAKLIN-FACHER, CHRISTIAN NOSKO & KATRIN REITER                                                  |     |
| Conceptual Coherence Maps als Instrument zur Analyse von Schulbüchern                                                                       | 161 |
| JOLANDA HERMANN                                                                                                                             |     |
| Erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext – Konzeption und Evaluation von Aufgaben zur Vorlesung „Organische Experimentalchemie I“ | 165 |
| MAREN RODRIGUEZ & ARNIM LÜHKEN                                                                                                              |     |
| Die naturwissenschaftliche Studieneingangsphase: Eine qualitative Längsschnittstudie am Beispiel des Pharmaziestudiums                      | 169 |
| CHRISTOPHER KURTH & RITA WODZINSKI                                                                                                          |     |
| Perspektiven von Studierenden auf Schwierigkeiten beim Experimentieren                                                                      | 173 |
| <b>Vortragsblock C</b>                                                                                                                      |     |
| KAI BLIESMER & MICHAEL KOMOREK                                                                                                              |     |
| Strömungsmuster für Ausstellungen didaktisch rekonstruieren                                                                                 | 177 |
| THOMAS ZÜGGE, JOHANNES GREBE-ELLIS & OLIVER PASSON                                                                                          |     |
| Entwicklungssensibilität als Perspektive der Elementarisierung                                                                              | 181 |
| PHILIPP LINDENAU & MICHAEL KOBEL                                                                                                            |     |
| Forschung trifft Schule – Lehrerfortbildungen zur Teilchenphysik                                                                            | 185 |
| JUDITH BREUER, CHRISTOPH VOGELSANG & PETER REINHOLD                                                                                         |     |
| Implementation fachdidaktischer Innovation im Physikunterricht - Ergebnisse einer Pilotstudie                                               | 189 |
| KATJA WEIRAUCH, KARIN LOHWASSER, CHRISTIANE FENNER & EKKEHARD GEIDEL                                                                        |     |
| Chemie im Kontext weitergedacht – ein Diskussionsbeitrag                                                                                    | 193 |
| ALBERTO MARCOS HALAR, MATTHIAS LAUKENMANN & ERICH STARAUSCHEK                                                                               |     |
| Kulturelle Ausprägungen von vorunterrichtlichen Vorstellungen zur Energie                                                                   | 197 |

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| HORST SCHECKER, THOMAS WILHELM, MARTIN HOPF & REINDERS DUIT                                                                                      |     |
| Schülervorstellungen – Forschungsstand, Konsequenzen und Desiderata                                                                              | 201 |
| ANDREAS HELZEL & CLAUDIA NERDEL                                                                                                                  |     |
| The meaning of the German expression “elektrische Spannung”                                                                                      | 205 |
| Symposium: „EPo-EKo E-Lehre mit Potenzial & Kontexten – ein<br>binationales DBR-Projekt“                                                         |     |
| LANA IVANJEK, MARTIN HOPF, JAN-PHILIP BURDE, THOMAS WILHELM, LIZA<br>DOPATKA, VERENA SPATZ, THOMAS SCHUBATZKY & CLAUDIA HAAGEN-<br>SCHÜTZENHÖFER |     |
| Entwicklung eines Testinstruments zum einfachen Stromkreis                                                                                       | 209 |
| JAN-PHILIPP BURDE, THOMAS WILHELM, LIZA DOPATKA, VERENA SPATZ,<br>THOMAS SCHUBATZKY, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, LANA IVANJEK &<br>MARTIN HOPF |     |
| Vergleich des Lernerfolges im traditionellen E-Lehre Unterricht                                                                                  | 213 |
| LIZA DOPATKA, VERENA SPATZ, JAN-PHILIPP BURDE, THOMAS WILHELM, LANA<br>IVANJEK, MARTIN HOPF, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER & THOMAS<br>SCHUBATZKY |     |
| Kontexte in der Elektrizitätslehre im Rahmen des Projekts EPo-EKo                                                                                | 217 |
| ANNABEL PAULY & ARNIM LÜHKEN                                                                                                                     |     |
| Das Energieverständnis angehender Chemielehrkräfte                                                                                               | 221 |
| LISA SCHMITZ & SABINE FECHNER                                                                                                                    |     |
| Generierung von Schülerfragen in lebensweltlichen Kontexten                                                                                      | 225 |
| SASCHA GRUSCHE                                                                                                                                   |     |
| Kontextorientierter Unterricht zur Spektralanalyse: Spektrale Bildgebung in<br>modernen Berufen                                                  | 229 |
| Symposium: „Teilchenphysik: Professionswissen, Schülervorstellungen,<br>Experimente“                                                             |     |
| MICHAELA OETTLE, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & MARKUS SCHUMACHER                                                                                     |     |
| Modellierung des Fachwissens von Lehrkräften in der Teilchenphysik                                                                               | 233 |
| STEFAN BECHSTEIN, ACHIM STAHL & JOSEF RIESE                                                                                                      |     |
| Beschleuniger-Experimente mit sichtbarer Spur der Elektronen -Eine<br>Unterrichtsreihe in der Teilchenphysik                                     | 237 |

**Vortragsblock D**

AXEL EGHTESSAD, DAGMAR HILFERT-RÜPPELL & KERSTIN HÖNER

Reflexionsfokus Sprachlichkeit: Studierende analysieren die L-S-Kommunikation eigenen Unterrichts 241

OLIVER GREWE, MAREIKE BOHRMANN, MARIA TODOROVA & KORNELIA MÖLLER

Selbstwirksamkeitsüberzeugungen hinsichtlich des Erkennens, Planens und Durchführens sprachsensibler Lernunterstützung fördern 245

MONIKA ANGELA BUDDE & MAIKE BUSKER

Erhebung der Sprachbewusstheit von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie 249

JANINE FRECKMANN & MICHAEL KOMOREK

Sprachsensible Planung von Physikunterricht empirisch untersuchen 253

CARINA WÖHLKE & DIETMAR HÖTTECKE

Ist Noticing valide messbar? Erste Befunde eines Videovignettentests 257

NADEZDA STRUNK & DIETMAR HÖTTECKE

Sprache im Physikunterricht aus der Sicht angehender Physiklehrkräfte 261

HEIKO KRABBE, PHILIP TIMMERMAN & CHRISTINE BOUBAKRI

BESCHREIBEN, ERKLÄREN und BEGRÜNDEN im Physikunterricht 265

ULRIKE GROMADECKI-THIELE & BURKHARD PRIEMER

Inhaltliche Analyse von Schülerargumentationen zur Energiegewinnung 269

JENNIFER KRUPINSKI, SARAH RAU-PATSCHKE & STEFAN RUMANN

SchülerInnen erklären naturwissenschaftliche Phänomene 273

ANA PAULA BISPO DA SILVA

Multiple skills and scientific literacy: history of science and ICT 277

FARAHNAZ SADIDI & GESCHE POSPIECH

Teaching Critical Thinking in the Physics Classroom: Formative assessment of a content-specific instructional design 281

CHRISTOPH KULGEMEYER

Qualitätskriterien zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Erklärvideos 285

MICHAEL ELMER & OLIVER TEPNER

Wahrnehmung und Wirksamkeit von Erklärungen im Fach Chemie 289

## VII

|                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| DENNIS JAEGER & RAINER MÜLLER                                                                                                                      |     |
| Einflussfaktoren beim Lösen physikalischer Aufgaben                                                                                                | 293 |
| KNUT WILLE & GUNNAR FRIEGE                                                                                                                         |     |
| Feldstudie mit optischen Blackboxen im Productive Failure Ansatz                                                                                   | 297 |
| JIRKA MÜLLER, UTA MAGDANS, MICOL ALLEMANI & ANDREAS BOROWSKI                                                                                       |     |
| Flow-Empfinden beim Experimentieren in der Physik zur Überprüfung des Quadrantenmodells                                                            | 301 |
| <b>Vortragsblock E</b>                                                                                                                             |     |
| VICTORIA TELSER, ARNO PFITZNER & OLIVER TEPNER                                                                                                     |     |
| Erfassung experimenteller Kompetenz von Chemielehrkräften                                                                                          | 305 |
| LINA BOYER, ANITA STENDER & HENDRIK HÄRTIG                                                                                                         |     |
| Schwierigkeit von Experimenten - Eine Lehrerbefragung                                                                                              | 309 |
| JÖRN J. HÄGELE, ANDREAS VORHOLZER & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER                                                                                       |     |
| Wie verstehen und nutzen Lernende Konzepte zum Experimentieren?                                                                                    | 313 |
| Symposium: „Reflexion von Sach-, Chemie- und Physikunterricht im Studium“                                                                          |     |
| MICHAEL SZOGS, CHRISTINA KOBL, MIRIAM VOLMER & FRIEDERIKE KORNECK                                                                                  |     |
| Bedeutsamkeit von Reflexion und Reflexivität in der Professionalisierung von Lehrkräften sowie ihre Beziehung zu anderen Prozessen und Konstrukten | 317 |
| MIRIAM VOLMER, JANINA PAWELZIK, MARIA TODOROVA & WINDT ANNA                                                                                        |     |
| Reflexionskompetenz von Sachunterrichtsstudierenden im Praxissemester                                                                              | 321 |
| CHRISTINA KOBL & OLIVER TEPNER                                                                                                                     |     |
| Förderung der Reflexionskompetenz von Chemielehramtsstudierenden                                                                                   | 325 |
| MICHAEL SZOGS, MARVIN KRÜGER & FRIEDERIKE KORNECK                                                                                                  |     |
| Veränderung der Unterrichtsqualität durch kollegiale Reflexion                                                                                     | 329 |
| Symposium: „Interventionen zum fachlichen Lernen in Lehramtsstudiengängen“                                                                         |     |
| JENNY LORENTZEN, MATHIAS ROPOHL, MIRJAM STEFFENSKY & GERNOT FRIEDRICH                                                                              |     |
| Förderung der wahrgenommenen Relevanz von fachlichen Studieninhalten                                                                               | 333 |
| JOOST MASSOLT & ANDREAS BOROWSKI                                                                                                                   |     |
| Die wahrgenommene Relevanz des Fachwissens: persönliche Konstrukte                                                                                 | 337 |



## VIII

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| DAVID BUSCHHÜTER, JOOST MASSOLT & ANDREAS BOROWSKI                                                          |     |
| Einflüsse von Personenmerkmalen auf Relevanzempfindungen                                                    | 341 |
| Symposium: „Profile-P+: Kompetenz und Performanz im Lehramtsstudium Physik“                                 |     |
| CHRISTOPH VOGELSANG, JOSEF RIESE, ANDREAS BOROWSKI & CHRISTOPH KULGEMEYER                                   |     |
| Profile-P+: Kompetenzmessung und Performanztests im Lehramtsstudium Physik                                  | 345 |
| PATRICK ENKROTT, DAVID BUSCHHÜTER, ANDREAS BOROWSKI & HANS. E. FISCHER                                      |     |
| Modellierung und Entwicklung von Fachwissen angehender Physiklehrkräfte                                     | 349 |
| JAN SCHRÖDER, CHRISTOPH VOGELSANG & JOSEF RIESE                                                             |     |
| Erfassung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Physikunterricht                                          | 353 |
| MAREN KEMPIN, CHRISTOPH KULGEMEYER & HORST SCHECKER                                                         |     |
| Erste Einblicke in die Entwicklung der Reflexionsfähigkeit von Physiklehramtsstudierenden im Praxissemester | 357 |
| JOHANN MANTHEY, MARTIN GRÖGER & INGO WITZKE                                                                 |     |
| Math. Modellieren im Chemieunterricht am Beispiel der Kolorimetrie                                          | 361 |
| TILMANN JOHN & ERICH STARAUSCHEK                                                                            |     |
| Wie wird kumulatives Lehren im Physikfachstudium erlebt? – Ergebnisse einer Interviewstudie –               | 365 |
| <b>Vortragsblock F</b>                                                                                      |     |
| SARAH EDTE, ALEXANDRA ABRAMOVA, ILKA BICKMANN, RALF WEHRSPHOHN, JENS-PETER KNEMEYER & NICOLE MARMÉ          |     |
| MINT-Berufsorientierungs-Akademie in Heidelberg                                                             | 369 |
| ALEXANDRA ABRAMOVA, SARAH EDTE, NICOLE MARMÉ & JENS-PETER KNEMEYER                                          |     |
| snap!-Programmierungskurs für den naturwissenschaftlichen Unterricht                                        | 373 |
| MICHAEL BUDKE & MARCO BEEKEN                                                                                |     |
| Das GreenLab_OS – Empirische Befunde zur Standortabhängigkeit                                               | 377 |
| MARISA HOLZAPFEL, KARIN STACHELSCHIED & MAIK WALPUSKI                                                       |     |
| Gesundheitsbildung durch fachspezifischen Humor                                                             | 381 |

## IX

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CHRISTIN SAJONS & MICHAEL KOMOREK                                                                      |     |
| Design-Based Research in Schülerlaboren                                                                | 385 |
| SÖNKE JANSSEN & GUNNAR FRIEGE                                                                          |     |
| Design-Based Research: Ein Forschungsansatz für und mit Schülerlaboren                                 | 389 |
| ANNIKA ROSKAM & MICHAEL KOMOREK                                                                        |     |
| Lernprozessanalyse im Nationalparkhaus                                                                 | 392 |
| RENÉ DOHRMANN & VOLKHARD NORDMEIER                                                                     |     |
| Reflektieren im Lehr-Lern-Labor Physik: Ausgewählte Ergebnisse                                         | 396 |
| CHRISTIANE RICHTER & MICHAEL KOMOREK                                                                   |     |
| Lehrerbildung im Dreiklang – Das Projekt SchAU                                                         | 400 |
| VOLKER BRÜGGEMANN & VOLKHARD NORDMEIER                                                                 |     |
| Adaptive Leistungsmessung naturwissenschaftlichen Denkens                                              | 404 |
| LAURENCE SCHMITZ & CHRISTIANE S. REINERS                                                               |     |
| Entscheidungstagebuch – Bewertungskompetenz individuell fördern                                        | 408 |
| BERNADETTE SCHORN, STEPHAN BAJA(GEB.FRAß), LEONARD BÜSCH & HEIDRUN HEINKE                              |     |
| Einsatz von Smartpens in fachdidaktischer Forschung und Entwicklung                                    | 412 |
| MARVIN KRÜGER, MICHAEL SZOGS & FRIEDERIKE KORNECK                                                      |     |
| Personenzentrierter Blick auf Unterrichtsqualität und handlungsnahe Konstrukte des Lehrens und Lernens | 416 |
| ANASTASIA STRILIGKA, DIMITRIS STAVROU & MICHAEL KOMOREK                                                |     |
| Interaktionen mit Exponaten im Science Center empirisch untersuchen                                    | 420 |
| MARIA WEISERMANN, ILKA PARCHMANN & STEFAN SCHWARZER                                                    |     |
| Berufsorientierung als Teil der Verknüpfung von Schule & Schülerlabor                                  | 424 |
| MARTIN LINDNER & LUKAS HURSIE                                                                          |     |
| Langzeitwirkungen von Science Camps (MINT-Sommer-Camps)                                                | 428 |
| JENS-PETER KNEMEYER, ILKA BICKMANN & NICOLE MARMÉ                                                      |     |
| Zukünftige Arbeitswelten aus der Sicht der Jugendlichen von heute                                      | 432 |

# X

PHILIPP SPITZER & ANJA LEMBENS

Die chemiebezogene Berufswahl von Lernenden im Quer- und Längsschnitt 436

## Vortragsblock G

SIMON HÜTZ, SEBASTIAN STAACKS, CHRISTOPH STAMPFER & HEIDRUN HEINKE

Umsetzung von Lehrinnovationen zur Experimentalphysik 440

MICHAEL KIUPEL

Messen mit Smartphone und Tablet – und dann? 444

NORMAN JOUBEN, MELANIE KIWITT, STEPHAN BAJA & HEIDRUN HEINKE

Händische Fertigkeiten mit IBEs erwerben? - eine Interventionsstudie 448

NICOLE MARMÉ, BRIGITTE PFLÜGER-SCHMEZER, BARBARA MÜNCH & JENS-PETER KNEMEYER

Bee-Bots - Programmieren im Sachunterricht 452

STEFANIE SCHWEDLER

Richtig in die universitäre Physikochemie einsteigen mit BIRC 456

MARKUS BERGER, JENS-PETER KNEMEYER & NICOLE MARMÉ

Auswirkungen virtueller physikalischer Experimente auf die intrinsische Regulation 460

ALBERT TEICHREW & ROGER ERB

Videobasierte Analyse des Lernens mit dynamischen Modellen 464

ALEXANDER ENGL, MARIE SCHEHL & BJÖRN RISCH

Virtuelle und augmentierte Realität im Reallabor Queichland 468

KÜBRA NUR CELIK & MAIK WALPUSKI

Vernetzung von fachlichen Konzepten im Fach Chemie 472

MALTE UBBEN & STEFAN HEUSLER

Modelle in der Atomphysik aus Lehrersicht 476

ANDREAS KRAL, BERNADETTE SCHORN & HEIDRUN HEINKE

Lernzuwachs beim Einstieg in die Quantenphysik mit Realexperimenten 480

MIKE HULL & TAKU NAKAMURA

Understanding Half-Life as Emergent 484

## Vortragsblock H

PASCAL KLEIN & JOCHEN KUHN

Einfluss konzeptioneller Instruktionen auf die Blickbewegung: Eye Tracking Studien im Kontext multipler Repräsentationen der mathematischen Physik 488

DAVID WOITKOWSKI

Erhebung der Problemlösefähigkeit im Physikstudium – Vorstellung eines Erhebungsverfahrens – 492

JOHANNES GREBE-ELLIS & MARC MÜLLER

Explorierendes Forschen mit Studierenden des Grundschullehramts 496

ELISABETH HOFER & ANJA LEMBENS

Veränderung von Vor- und Einstellungen zu Forschendem Lernen im Rahmen eines Fortbildungsprogramms 500

Symposium: „Erkenntnisgewinnung im Unterricht – Analyse aus vier Perspektiven“

JENNA KOENEN, BENJAMIN HEINITZ, ANDREAS NEHRING, VERENA PETERMANN, RÜDIGER TIEMANN, ANNETTE UPMEIER ZU BELZEN, ANDREAS VORHOLZER & JOÉ WEBER

Erkenntnisgewinnung im Unterricht – Analyse aus vier Perspektiven 504

JOÉ WEBER, RÜDIGER TIEMANN & ANNETTE UPMEIER ZU BELZEN

Erkenntnisgewinnung - Qualität von Lerngelegenheiten - 508

JENNA KOENEN & SVENJA AHRENS

Art der Instruktionen bei Erkenntnisgewinnungsprozessen im Unterricht 512

ANDREAS VORHOLZER & VERENA PETERMANN

(Wie) wird Erkenntnisgewinnung im Unterricht thematisiert? 516

BENJAMIN HEINITZ & ANDREAS NEHRING

Facetten von Kompetenzorientierung auf Stundenebene 520

KAREL KOK, BURKHARD PRIEMER & WIEBKE MUSOLD

Der Einfluss von Nachkommastellen auf die Hypothesenänderung aufgrund von Daten 524

MARCUS BOHN & MANUELA WELZEL-BREUER

Begabtenförderung in naturwissenschaftlichem Kontext 528

## XII

SWANTJE MÜLLER & VERENA PIETZNER

Untersuchungen zum divergenten Denken in formalen und außerschulischen Lernorten 532

Symposium: „Wer kommt weiter – und warum sind es meistens Jungs?“

ANNEKE STEEGH, TIM HÖFFLER & ILKA PARCHMANN

It is 2018 and science is still male in German Science Olympiads 536

PETER WULFF, STEFAN PETERSEN, MELANIE KELLER & KNUT NEUMANN

Physikalische Problemlösen in der PhysikOlympiade 540

EVA TREIBER, IRENE NEUMANN & AISO HEINZE

Physik oder Mathe? - Attribution von Teilnehmenden der PhysikOlympiade 544

### Poster

Symposium: „Science Outreach in Sonderforschungsbereichen“

CAROLIN ENZINGMÜLLER, LORENZ KAMPSCHULTE & ILKA PARCHMANN

Science Outreach in Sonderforschungsbereichen 548

ROMAN KONDRJAKOW, RALF DETEMPLE & HEIDRUN HEINKE

Öffentlichkeitsarbeit eines Sonderforschungsbereiches - von der Gruppe zum Individuum 552

RÜDIGER SCHOLZ & SUSANNE WEßNIGK

foeXlab – das Labor für Schülerinnen und Schüler des Outreachprojekts Ö im Sonderforschungsbereich CRC 1227 (DQ-mat) 556

MORITZ WAITZMANN, TATJANA KATHARINA STÜRMER, RÜDIGER SCHOLZ & SUSANNE WEßNIGK

Qualifikationsarbeiten zur inhaltlichen Ausrichtung des foeXlab 560

CAROLIN ENZINGMÜLLER, DANIEL LAUMANN, LORENZ KAMPSCHULTE & ILKA PARCHMANN

Kommunikation interdisziplinärer Forschung im Bereich Biomagnetic Sensing 564

Symposium: „Perspektiven auf Medieneinsatz beim Lehren u. Lernen im MINT-Bereich“

MATHIAS ROPOHL

Perspektiven auf Medieneinsatz beim Lehren und Lernen im MINT-Bereich 568

### XIII

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANJE OSTERMANN, HENDRIK HÄRTIG, LORENZ KAMPSCHULTE, ANKE LINDMEIER, MATHIAS ROPOHL & JULIA SCHWANEWEDEL                               |     |
| Wie nutzen MINT-Lehrkräfte Medien? – Erste Ergebnisse einer Befragung                                                                 | 572 |
| LORENZ KAMPSCHULTE, FELIX MÜLLER, ANJE OSTERMANN, MATHIAS ROPOHL, JULIA SCHWANEWEDEL, HENDRIK HÄRTIG & ANKE LINDMEIER                 |     |
| Einsatz analoger und digitaler Medien an außerschulischen Lernorten                                                                   | 576 |
| TILL BRUCKERMANN & DANIELA MAHLER                                                                                                     |     |
| Making Science VisiBLe: Professionswissen zu Erklärvideos fördern                                                                     | 580 |
| CHRISTOPH STOLZENBERGER, NICOLE WOLF, DENISE BÖHM & THOMAS TREFZGER                                                                   |     |
| Augmented Reality in der Lehramtsausbildung                                                                                           | 584 |
| SABRINA STÜNDL, VICTORIA TELSER, ARNO PFITZNER & OLIVER TEPNER                                                                        |     |
| Fehleranalyse beim Experimentieren - Eine Pilotstudie mit Lehrkräfte                                                                  | 588 |
| STEFFEN BROCKMÜLLER & MATHIAS ROPOHL                                                                                                  |     |
| Untersuchung der Schwierigkeiten von Chemielernenden in der Oberstufe beim Auswerten von Daten                                        | 592 |
| BURKHARD PRIEMER, RAPHAEL WEß & TOBIAS LUDWIG                                                                                         |     |
| PCK des Argumentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht                                                                          | 596 |
| VALERIE VOGT AMACKER, DOROTHEE BROVELLI & MARKUS WILHELM                                                                              |     |
| Präsentationsmodi bei Versuchsanleitungen                                                                                             | 600 |
| JOHANNA KRÜGER, MARTIN WAHL, KATRIN KNICKMEIER, TIM HÖFFLER & ILKA PARCHMANN                                                          |     |
| Lernen mit Experimenten und Computersimulationen - Eine Untersuchung zu Lernprozessen im Schülerlabor im Kontext „Ostsee der Zukunft“ | 604 |
| LAURA BÖGGE & ARNIM LÜHKEN                                                                                                            |     |
| Low-Cost-Materialien im Chemieunterricht – LehrerInnen berichten                                                                      | 608 |
| CLAUS BOLTE, MARTEN HOLLAUER, RENÉ MÜCKAI & NADINE ZÖPHEL                                                                             |     |
| Demonstrationsexperimente im kognitionspsychologischen Forschungsfokus                                                                | 612 |
| TOBIAS PRZYWARRA & BJÖRN RISCH                                                                                                        |     |
| Modelleinsatz im Chemieunterricht - Illustrativ, haptisch-interaktiv oder digital erweitert                                           | 616 |

## XIV

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| SEBASTIAN HABIG                                                                                               |     |
| Der Einsatz von Augmented Reality in der Organischen Chemie                                                   | 620 |
| DENNIS KIRSTEIN, SEBASTIAN HABIG & MAIK WALPUSKI                                                              |     |
| Adaptives Lernen beim Experimentieren im Chemieunterricht                                                     | 624 |
| ILSE BARTOSCH                                                                                                 |     |
| Verständnis von wissenschaftlichem Experimentieren von Physik<br>Lehramtsstudierenden                         | 628 |
| ANNA BAUER, PETER REINHOLD & MARC D. SACHER                                                                   |     |
| Erhebung der experimentellen Performanz (Physik-)Studierender                                                 | 632 |
| SIMON SCHMUCK & KARSTEN RINCKE                                                                                |     |
| Experimentieren: Funktion und Ziel sind nicht dasselbe                                                        | 636 |
| FREJA MARENA KRESSDORF & THORID RABE                                                                          |     |
| Bildungswegentscheidungen von jungen Frauen unter Identitätsperspektive                                       | 640 |
| MARKUS PRECHTL & ULLA STUBBE                                                                                  |     |
| Gender-/Diversitysensible Berufsorientierung mit DiSenSu                                                      | 644 |
| MARINA HÖNIG, LILITH RÜSCHENPÖHLER, JULIAN KÜSEL & SILVIJA MARKIC                                             |     |
| Berufswahl MINT: Gründe von Studierenden und SchülerInnen                                                     | 648 |
| CHRISTOPHER GROS & VERENA SPATZ                                                                               |     |
| Fragebogenentwicklung zu den Mindsets von Lernenden in Physik                                                 | 652 |
| HILDE KÖSTER, VOLKHARD NORDMEIER, TOBIAS MEHRTENS & RENÉ DOHRMANN                                             |     |
| Diagnosebasierte individuelle Förderung potentiell leistungsfähiger<br>Schüler*innen                          | 656 |
| NANNI KAISER, MANUELA WELZEL-BREUER & CLAUDIA SOLZBACHER                                                      |     |
| Aspekte der Handlungskompetenz bei Begabungsförderern. Eine Studie am<br>Beispiel der Kinderakademie Mannheim | 659 |
| JESSICA IßLEIB & MARTIN GRÖGER                                                                                |     |
| Service-Learning zur Planetarischen Leitplanke „Verlust von Phosphor“                                         | 663 |
| REBECCA ZÜCKERT & CLAUDIA BOHRMANN-LINDE                                                                      |     |
| Experimente zur Brennstoffzelle als zentrales Thema nachhaltiger Entwicklung                                  | 667 |

# XV

|                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| DOMINIQUE BERGER & KARSTEN RINCKE                                                                                                             |     |
| Bildung für nachhaltige Entwicklung kooperativ gestalten                                                                                      | 671 |
| SARAH BRUNS, DANIELA EGGER, SIMONE ABELS & MATTHIAS BARTH                                                                                     |     |
| Naturwissenschaftlichen Unterricht inklusiv gestalten (Nawi-In) - Ein Vergleich der Primar- und Sekundarstufe I                               | 675 |
| ANJA KOMETZ, RITA TANDETZKE, ISABELL MÜLLER & ANDREAS KOMETZ                                                                                  |     |
| Inter-NESSI - ein Ansatz für sprachsensiblen Unterricht                                                                                       | 679 |
| SARAH HUNDERTMARK, SARAH HUNDERTMARK, VANESSA SCHAD, ALEXANDER KAUERTZ, BETTINA LINDMEIER, CHRISTIAN LINDMEIER, SANDRA NITZ & ANDREAS NEHRING |     |
| GeLernt: Multiprofessionalität im inklusiven Naturwissenschaftsunterricht                                                                     | 683 |
| CRISTIAN DAVID ORTIZ PALACIO & MANUELA WELZEL-BREUER                                                                                          |     |
| Rahmenbedingungen für Physik für Kinder in schwierigen Lebenslagen                                                                            | 687 |
| THOMAS WILHELM & LION CORNELIUS GLATZ                                                                                                         |     |
| Schülervorstellungen zur Ausdehnung bei Erwärmung                                                                                             | 691 |
| THOMAS PLOTZ, INGRID KRUMPHALS & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER                                                                                 |     |
| Delphi-Studie zum Begriff „Schülervorstellung“                                                                                                | 695 |
| JULIA BEHLE & THOMAS WILHELM                                                                                                                  |     |
| Ein Instrument zur Erhebung von Schülervorstellungen über Energie                                                                             | 699 |
| DIANA ZELLER & CLAUDIA BOHRMANN-LINDE                                                                                                         |     |
| Forschung trifft Schule – Ergebnisse des Mentoring-Projekts ALSO-TiO2                                                                         | 703 |
| NICOLE SCHRADER & CLAUS BOLTE                                                                                                                 |     |
| Todsicher oder sicher tot? Risikowahrnehmung von Schüler*innen im Themenfeld der Radioaktivität                                               | 707 |
| SARAH ZLOKLIKOVITS & MARTIN HOPF                                                                                                              |     |
| Elektromagnetische Strahlung in der Sek. I unterrichten                                                                                       | 711 |
| FABIAN BERNSTEIN, SASCHA SCHMELING, THOMAS WILHELM, SUSANNE DÜHRKOOP, ALEXANDRA JANSKY, OLIVER KELLER, LACHLAN MCGINNESS & JULIA WOITHE       |     |
| LowCost-Experimente zur modernen Physik mit dem 3D-Drucker                                                                                    | 715 |
| JULIA BRÜGGERHOFF, SARAH RAU-PATSCHKE & STEFAN RUMANN                                                                                         |     |
| Übergangsgestaltung vom Sach- zum naturwissenschaftl. Fachunterricht                                                                          | 719 |



# XVI

|                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| JOHANNES LEWING & SUSANNE SCHNEIDER                                                                                                             |     |
| Sachstrukturen in Schulbüchern des naturwissenschaftlichen Unterrichts – Kookkurenzanalyse von Fachbegriffen der naturwissenschaftlichen Fächer | 723 |
| CERSTIN VON DUNGERN & FRIEDERIKE KORNECK                                                                                                        |     |
| Physik im Sachunterricht – Eine kriteriengeleitete Schulbuchanalyse                                                                             | 727 |
| HELENA VAN VORST & LAURA MELLER                                                                                                                 |     |
| Beschreibung fachsprachlicher Elemente in chemischen Schulbuchtexten                                                                            | 731 |
| ALINA BEHRENDT, SARAH RAU-PATSCHKE & MAIK WALPUSKI                                                                                              |     |
| Messung chemiebezogener Kompetenzen am Übergang zur Sekundarstufe I                                                                             | 735 |
| MARISA PFLÄGING, PATRICK ENKROTT, DAVID BUSCHHÜTER & ANDREAS BOROWSKI                                                                           |     |
| Einschätzung der beruflichen Relevanz physikalischen Fachwissens                                                                                | 739 |
| THOMAS SCHUBATZKY, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, LANA IVANJEK, MARTIN HOPF, JAN-PHILIPP BURDE, THOMAS WILHELM, LIZA DOPATKA & VERENA SPATZ      |     |
| Professionswissensforschung im Zuge eines DBR-Projekts                                                                                          | 743 |
| ANDREA MARIA SCHMID & DOROTHEE BROVELLI                                                                                                         |     |
| Affektive Wirkungen technischer Forschungskontexte im Lehramtsstudium                                                                           | 747 |
| DANIEL GYSIN & DOROTHEE BROVELLI                                                                                                                |     |
| Transferstrategien bei kontextualisierten Aufgaben zum physikalischen Energiekonzept                                                            | 751 |
| FRANZISKA KEHNE & SABINE FECHNER                                                                                                                |     |
| Enkodierung chemischer Konzepte aus lebensweltlichen Kontexten                                                                                  | 755 |
| SVENJA RAUTENBERG, HEIKO KRABBE & RAINER WACKERMANN                                                                                             |     |
| Prototypische Aufgaben zum vertikalen und horizontalen Lernen mit dem Lichtwegekonzept in der Optik                                             | 759 |
| ANTOINETTE MEINERS, BRIGITTE JOSTES & ANDREAS BOROWSKI                                                                                          |     |
| Instrumente zur Entwicklung sprachbildender Lernaufgaben                                                                                        | 763 |
| BENJAMIN BOLLMANN, THERESA GÖTZ, ANAM AKRAM, MALTE WALKOWIAK & ANDREAS NEHRING                                                                  |     |
| Kompetenzmodellbasierte Lernsequenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung                                                                            | 767 |

## XVII

|                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ALICE LANGHANS, STEFAN SORGE, KATRIN ENGELN & KNUT NEUMANN                                                                  |     |
| Inquiry-based learning und Leistungsheterogenität - Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrkräften           | 771 |
| JOACHIM BAUER & KARSTEN RINCKE                                                                                              |     |
| Konzepte erarbeiten oder sichern?                                                                                           | 775 |
| KATHARINA NAVE (GEB. SCHEIDE) & RÜDIGER TIEMANN                                                                             |     |
| Mentale Modellbildung - Verstehen und charakterisieren von Problemlöseprozessen in der Chemie                               | 779 |
| INGRID KRUMPHALS, MELANIE RENNER & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER                                                             |     |
| Fallstudie zu FW und FDW von Ph-LA Studierenden zu ‚Actio und Reactio‘                                                      | 783 |
| SIMON GOERTZ, PATRICK KLEIN, JOSEF RIESE & HEIDRUN HEINKE                                                                   |     |
| Konzeption eines Lernzirkels zu experimentellen Kompetenzen                                                                 | 787 |
| PHILIP TIMMERMAN & HEIKO KRABBE                                                                                             |     |
| SchriFT II: Messung der Sprach- und Fachkompetenz in Versuchsprotokollen                                                    | 791 |
| JANNIS WEBER & THOMAS WILHELM                                                                                               |     |
| Kombination von mathematischer Modellbildung mit Videoanalyse                                                               | 795 |
| VERONIKA BILLE, INES KOMOR, HELENA VON VORST, MARIA OPFERMANN, JULIAN ROELLE, STEFAN RUMANN & ELKE SUMFLETH                 |     |
| Förderung des visuellen Modellverständnisses in Chemiestudiengängen                                                         | 799 |
| BÜSRA TONYALI, MATHIAS ROPOHL & JULIA SCHWANNEWEDEL                                                                         |     |
| Feedback an Lehramtsanwärterinnen und -anwärter zum Einsatz externer Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht | 803 |
| JULIA ECKHARD, MARC RODEMER, SASCHA BERNHOLT & NICOLE GRAULICH                                                              |     |
| Blickbewegungen beim Umgang mit organischen Reaktionsmechanismen                                                            | 807 |
| PERIHAN AKMAN & SABINE FECHNER                                                                                              |     |
| Die Wahrnehmung des Abstraktionsgrades von multiplen Repräsentationen                                                       | 811 |
| DANIEL LAUMANN, JULIAN FISCHER, SUSANNE WEßNIGK, MICHAEL KERRES, DIRK WENDEROTH & KNUT NEUMANN                              |     |
| Entwicklung basiskonzeptorientierter Unterrichtseinheiten zur Energie                                                       | 815 |

## XVIII

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| MARTIN ERIK HORN                                                                       |     |
| Lorentz-Transformation elektromagnetischer Felder mit GAALOP                           | 819 |
| CHRISTOPH MÜNSTER & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER                                           |     |
| Theoriebezüge von Lehramtsstudierenden beim Diagnostizieren                            | 823 |
| JULIAN HEEG & SASCHA SCHANZE                                                           |     |
| Ermittlung von Kriterien zu Diagnose- und Planungsfähigkeiten von Lernervorstellungen  | 827 |
| VALENTIN WIDER, MARTIN SCHWICHOW & SILKE MIKELSKIS-SEIFERT                             |     |
| Diagnostizieren von Modellvorstellungen im Physikunterricht                            | 830 |
| STEPHANIE NEPPL & KARSTEN RINCKE                                                       |     |
| Perspektivenübernahme in der Physikdidaktik                                            | 834 |
| ANNA NOWAK, MAREN KEMPIN, CHRISTOPH KULGEMEYER & ANDREAS BOROWSKI                      |     |
| Reflexion von Physikunterricht                                                         | 838 |
| JANA HEINZE & KARSTEN RINCKE                                                           |     |
| Einfluss sprachlicher Konzeption auf Erklärungen im Physikunterricht                   | 842 |
| FLORIAN TRAUTEN, CAROLIN EITEMÜLLER & MAIK WALPUSKI                                    |     |
| Entwicklung und Evaluation von feedbackgestützten Online-Chemieaufgaben                | 846 |
| SEBASTIAN HÜMBERT-SCHNURR, MARCEL THOMAS, RAINER WACKERMANN & MARIA DEGELING           |     |
| Implementierung lernwirksamen Feedbacks in Physikdidaktik-Seminaren                    | 850 |
| THOMAS RUBITZKO, MATTHIAS LAUKENMANN & ERICH STARAUSCHEK                               |     |
| Grundkonzepte der Mechanik in der Elektrodynamik kumulativ lehren                      | 854 |
| FLORIAN SEILER & OLIVER TEPNER                                                         |     |
| Entwicklung eines Seminarkonzepts zur Planung von Experimenten                         | 858 |
| VERENA PETERMANN & ANDREAS VORHOLZER                                                   |     |
| Erfassung von Überzeugungen zum Lernen und Lehren von Fachmethoden                     | 862 |
| NADINE BOELE & OLIVER TEPNER                                                           |     |
| Auswahl geeigneter Videovignetten zur Erfassung professioneller Unterrichtswahrnehmung | 866 |

## XIX

|                                                                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| BIANCA PACZULLA, KATRIN SCHÜßLER, ELKE SUMFLETH & MAIK WALPUSKI<br>Studienerfolg und Studienabbruch in Chemiestudiengängen (CASSIS)                                                                                  | 870 |
| JULIA-JOSEFINE MILSTER & VOLKHARD NORDMEIER<br>Professionelle Kompetenzen von Quereinsteiger*innen im Q-Master                                                                                                       | 874 |
| ALESSANDRO PUPILLO, MARVIN KRÜGER, MICHAEL SZOGS & FRIEDERIKE KORNECK<br>Verstehensmodell physikalischer Konzepte als Zugang zu fachlicher Unterrichtsqualität am Beispiel der Verstehenselemente des Druckkonzeptes | 878 |
| SABRINA SYSKOWSKI & MATTHIAS DUCCI<br>MINT <sup>2</sup> KA – Lehr-Lern-Labor „makeScience!“ im Fach Chemie                                                                                                           | 882 |
| DANIEL REHFELDT & VOLKHARD NORDMEIER<br>Entwicklung und Reflexion von Lehrperformanz zum Umgang mit Vorwissen und Schülervorstellungen im Lehr-Lern-Labor-Seminar                                                    | 886 |
| ANNIKA ROCHHOLZ, MARIA TODOROVA, KATHARINA FRICKE & ANNA WINDT<br>Förderung adaptiver Planungskompetenz durch Praxiserfahrung im Lehr-Lern-Labor                                                                     | 890 |
| MICHAEL HIRTH, SEBASTIAN HÖFNER, BENJAMIN BRÜCK, ANDREAS SCHÜTZE & JOCHEN KUHN<br>SUSmobil - Bewertung von Luftqualität und mobile Schülerumweltstudien                                                              | 894 |
| FRANZISKA ZIMMERMANN & INSA MELLE<br>Professionalisierung angehender Lehrkräfte für die Digitalisierung im Chemieunterricht                                                                                          | 898 |
| MATS KIESERLING & INSA MELLE<br>Digitalisierung im Chemieunterricht - Entwicklung und Evaluation einer experimentellen digitalen Lernumgebung mit universeller Zugänglichkeit -                                      | 902 |
| DENISE BÖHM, CHRISTOPH STOLZENBERGER & THOMAS TREFFZGER<br>Virtual und Augmented Reality in der MINT Lehrerbildung                                                                                                   | 906 |
| DOMINIK DORSEL, SEBASTIAN STAACKS, SIMON HÜTZ, HEIDRUN HEINKE & CHRISTOPH STAMPFER<br>Smartphone-Experimente für MINT-Fächer mithilfe von externen Sensoren                                                          | 910 |
| KATJA DOROTHÉE WÜRFL & RÜDIGER TIEMANN<br>ADAM - Eine digitale Lernumgebung für Scientific Reasoning                                                                                                                 | 914 |

XX

|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| UTE CARINA MÜLLER, DANIEL SITZMANN, STEFAN ZIMMERMANN & FLORIAN HIEKE                                            |     |
| MINTFIT Hamburg: Onlineangebote zur Vorbereitung auf ein MINT-Studium                                            | 918 |
| VERENA KASTEN, KATHARINA FRICKE, MARIA TODOROVA & ANNA WINDT                                                     |     |
| Mit Tablets Fachwissen im Sachunterricht fördern                                                                 | 922 |
| PHILIPP STRAUBE, HILDE KÖSTER & VOLKHARD NORDMEIER                                                               |     |
| Inquiry-based Science Learning mit dem digitalen ‚InScience-Book‘                                                | 926 |
| SASCHA NEFF, ALEXANDER ENGL, ALEXANDER KAUERTZ & BJÖRN RISCH                                                     |     |
| Transfer virtueller Labore in den schulischen Unterricht                                                         | 930 |
| SYLVIA FEIL & YVONNE VON ROUX                                                                                    |     |
| Digitale Unterstützung des Lehrens und Lernens in Uni, Schule und Beruf: das<br>Qualifizierungsprogramm digitaLe | 934 |

Christian Maurer

Geschäftsführer der GDCP

## Vorwort

Die Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) fand vom 17. bis zum 20. September 2018 am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel statt. Das Tagungsthema lautete:

*Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*

Claus Bolte von der Freien Universität Berlin lieferte mit seinem Vortrag „Von blühenden Landschaften und naturwissenschaftlicher Bildung“ einen ersten Beitrag zum Tagungsthema. Ayelet Baram-Tsabari vom Israel Institute of Technology referierte am Tagungsdienstag über den Einfluss wissenschaftlicher Bildung auf Entscheidungen. Ihr Vortrag hatte dabei den Titel „Evidence for the Usefulness of Science Knowledge and Science Education in the Lives of Non-Scientists“. Andreas Borowski von der Universität Potsdam beleuchtete im dritten Plenarvortrag „Die Bedeutung naturwissenschaftlichen schulischen Lernens für das wissenschaftliche Studium“ eine weitere Bedeutungsfacetten naturwissenschaftlichen Lernens. Abschließend setzte sich Thorid Rabe von der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in ihrem Vortrag „Identitätsaushandlung zur Physik als Aspekt naturwissenschaftlicher Grundbildung?“ mit dem Einfluss und der Rolle naturwissenschaftlicher Grundbildung auf die Identitätsarbeit auseinander.

Über die Plenarbeiträge hinaus trugen wie jedes Jahr zahlreiche weitere Vorträge, Poster und Workshops zum Tagungsthema bei.

Neben den Plenarreferierenden haben weitere Autorinnen und Autoren ihre Beiträge für den Tagungsband ausgearbeitet. Die ca. 230 Beiträge repräsentieren die fachdidaktischen Arbeiten, die in Kiel im Rahmen von Gruppenvorträgen, Einzelvorträgen, Workshops und Postern präsentiert wurden. Zudem ist ein Beitrag über die Ergebnisse der Schwerpunkttagung in Bochum (Sprache in naturwissenschaftlichen Lehr-Lernprozessen, März 2018) enthalten. Allen Autorinnen und Autoren gilt mein ausdrücklicher Dank für die Mitarbeit an diesem Band.

Im Rückblick auf die Tagung gilt mein herzlicher Dank den vielen Helferinnen und Helfern, welche maßgeblich zum Gelingen der Tagung beigetragen haben. In sehr angenehmer Art und Weise haben die beiden Fachabteilungen der Didaktik der Chemie und Physik unter Leitung von Ilka Parchmann und Knut Neumann die örtliche Tagungsorganisation übernommen und maßgeblich zu der sehr gelungenen Tagung beigetragen. Dafür will ich explizit an dieser Stelle nochmals meinen Dank im Namen der GDCP aussprechen. Ein besonderer Dank gilt ebenfalls dem IPN in Kiel als gastgebender und zudem finanziell unterstützender Institution. Die GDCP will sich an dieser Stelle weiterhin bei der Peter Kölln GmbH & Co. KGaA und dem Forschungsforum Schleswig-Holstein für die großzügige Unterstützung als Sponsor der Tagung bedanken. Ferner möchte ich Jonas Neumayer herzlich für die Unterstützung der redaktionellen Arbeit an diesem Band danken.

Regensburg, im Februar 2019

CM

Karsten Rincke

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik  
Sprecher des Vorstands

### **Einleitung**

Sehr geehrter Herr Staatssekretär für Wissenschaft und Kultur Herr Dr. Grundei,  
sehr geehrte Frau Vizepräsidentin der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel,  
liebe Ilka,  
sehr geehrter Herr Direktor des Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften und  
Mathematik, lieber Herr Prof. Köller,  
seien Sie herzlich begrüßt!

Im Namen der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik bedanke ich mich herzlich  
für Ihre Willkommensgrüße an die Tagungsgäste, an die Mitglieder unserer  
Fachgesellschaft!

Wir freuen uns darüber, dass wir hier in Kiel tagen dürfen, und daher möchte ich auch die  
örtliche Tagungsleitung ausdrücklich begrüßen. Stellvertretend für alle, die hier vor Ort  
vorbereitet und zum Gelingen beigetragen, haben begrüße ich Prof. Knut Neumann und Dr.  
Sascha Bernholt.

Die GDGP erlebt ihr 45. Bestehensjahr. Da ist viel geleistet worden. Besonders  
herausragende Leistungen ehren wir seit einigen Jahren mit der Verleihung der GDGP-  
Ehrenmedaille. Lassen Sie mich die Trägerin und Träger der Ehrenmedaille namentlich  
begrüßen, die ihr Kommen angekündigt haben und die ich zumindest zum Teil schon im  
Auditorium erspäht habe.

Das sind

Frau Prof. Sumfleth aus Essen,  
Herr Prof. Fischer aus Essen,  
Herr Prof. Fischler aus Berlin,  
Herr Prof. Labudde, zuletzt in Basel tätig,  
Herr Prof. Schecker aus Bremen.

Auch Kolleginnen und Kollegen aus den Leitungsgremien anderer, aber thematisch  
verwandter Fachgesellschaften erweisen uns die Ehre. Ich begrüße

Frau Prof. Parchmann (stellv. Vorsitzende der Gesellschaft für Fachdidaktik),

Frau Dr. Korneck (koopt. Beisitzerin der GFD),

Frau Prof. Kremer, stellvertretende Vorsitzende der Fachsektion Didaktik der Biologie im  
Verband Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland.

Prof. Ralle (Vorstandsrat des Vereins zur Förderung des MINT-Unterrichts MNU),

Prof. Grebe-Ellis als Leiter des Fachverbands Didaktik in der Deutschen Physikalischen  
Gesellschaft mit den Stellvertretenden Frau Prof. Theyßen, Prof. Krabbe und Herrn Dr.  
Scholz.

Liebe Kolleginnen und Kollegen, Doktorandinnen und Doktoranden, Lehrkräfte,  
Studierende, die Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik ist  
eröffnet und steht in diesem Herbst unter dem Thema Naturwissenschaftliche Bildung als  
Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Knut Neumann wird gleich auf das

Tagungsthema hinführen, ein Thema, das mit dem Aspekt gesellschaftlicher Verantwortung konnotiert ist, die alle innehaben, die Bildungsprozesse gestalten und voranbringen.

Wir tagen an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 1665 von Herzog Christian Albrecht von Schleswig-Holstein-Gottorf gegründet. Indem Kiel ab 1773 sowohl zu Dänemark wie auch zum Heiligen Römischen Reich gehörte, war die Universität gleichzeitig nördlichste Universität des Heiligen Römischen Reiches wie südlichste Universität Skandinaviens.

Wir verbinden Namen mit der Christian-Albrechts-Universität wie den der Nobelpreisträger Otto Diels und Kurt Adler für die Diels-Adler Reaktion im Fachgebiet der Chemie oder Max Planck für seine Beiträge zur Entwicklung der Quantentheorie in der Physik. Die Liste von Kolleginnen und Kollegen, die mit ihren Beiträgen zu unterschiedlichen Fachgebieten diese Universität weit über die Region hinaus bekannt gemacht haben, ist beeindruckend lang!

Hier in Kiel wurde bereits 1966 das Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften gegründet. Wir verbinden das IPN mit wichtigen Beiträgen zur Curriculumsentwicklung, nicht nur mit der Verwendung, sondern vor allem auch Entwicklung mächtiger methodischer Werkzeuge für die empirische Bildungsforschung, mit den bis heute wahrgenommenen Interessenstudien, aber ebenso mit Leistungen im Transferbereich - ich denke an die BLK-Modellversuche oder SINUS. Nicht zuletzt wurde hier die TIMS-Studie koordiniert ebenso wie die PISA-Erhebungen 2003 und 2006. Das IPN wird zu Recht mit der empirischen Wende in den Erziehungswissenschaften assoziiert. Ich vermute, dass keine wissenschaftlich arbeitende Person in diesem Raume ist, die in Ihren Arbeiten nicht an zentraler Stelle auf Studien und Ergebnisse verweist, die hier an der Ohlshausenstraße erbracht wurden. Und dies setzt sich fort - Ilka Parchmann als Chemiedidaktikerin und Knut Neumann als Physikdidaktiker sind uns aus vielen aktuellen und international wahrgenommenen Arbeiten wohlvertraut.

Vielleicht nur ein Detail, aber vielleicht ein wichtiges: Ich finde es bemerkenswert, dass es sich Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik nennt. Die Pädagogik, das ist die Kunst oder Wissenschaft der Kindesführung. Wenn der Name des IPN also als besonderer Ausdruck der Hinwendung zum Kinde in Fragen der Naturwissenschaften und Mathematik gemeint sein sollte, dann gefällt mir das. Guter Unterricht muss zuerst um die Kinder und Jugendlichen kreisen, dann um die Sache.

Unser Tagungsthema, das von Teilhabe durch Bildung spricht, kreist ebenfalls um die Adressaten von Bildungsangeboten und meine kleine Auflistung von Meilensteinen, die wir mit dem IPN verbinden, drückt aus, dass wir mit diesem Thema hier offenbar an einem passenden Ort sind.

Ich freue mich auf die kommenden Tage und wünsche uns allen einen fruchtbaren und verbindenden Austausch!



Knut Neumann  
Karsten Rincke

IPN Kiel  
Sprecher des Vorstands der GDGP

**17. bis 20. September 2018, GDGP-Jahrestagung in Kiel**

**Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe**

Mit den internationalen Leistungsvergleichsstudien hat vor gut zwei Jahrzehnten das Konzept einer naturwissenschaftlichen Grundbildung Einzug in die fachdidaktische Diskussion gehalten. Anders als das Ziel einer umfassenden Bildung durch Naturwissenschaften betont der Begriff der naturwissenschaftlichen Grundbildung (für alle) den funktionalen Charakter von Lernen und Unterricht. Naturwissenschaftliche Grundbildung soll berufliche und gesellschaftliche Teilhabe ermöglichen, indem sie einerseits Zugang zu bestimmten Berufsfeldern ermöglicht und Schülerinnen und Schüler mit den dafür notwendigen Kompetenzen ausstattet, sowie andererseits notwendige Kompetenzen vermittelt, um gesellschaftliche Probleme mit naturwissenschaftlich-technischem Bezug verstehen und potentielle Lösungsansätze bewerten und diskutieren zu können. In der naturwissenschaftsbezogenen Fachdidaktik wurde in den letzten zwei Jahrzehnten intensiv über diese veränderte Zielsetzung naturwissenschaftlicher Bildung diskutiert – u.a. darüber, inwieweit durch die Fokussierung auf den funktionalen Aspekt von Bildung andere wichtige Aspekte von Bildung vernachlässigt werden. Allerdings wurde nur vereinzelt der Frage nachgegangen, inwieweit eine naturwissenschaftliche Grundbildung berufliche und gesellschaftliche Teilhabe tatsächlich ermöglicht. Mit dem Tagungsthema sollen Impulse zur Frage gegeben werden, ob und inwieweit die funktionalen Ansprüche an naturwissenschaftliche Grundbildung eingelöst werden (können), welche Kompetenzen dafür relevant sind und inwieweit die Konzeption naturwissenschaftlicher Grundbildung nach zwei Jahrzehnten möglicherweise revidiert werden muss.

**Herrn Professor Dr. Andreas Kometz zum Gedenken –  
Lebenslinie und wissenschaftliches Wirken**



\* 30. 07. 1958

† 11. 10. 2018

Andreas Kometz wurde am 30.07.1958 in Erfurt geboren. Nach dem Besuch der Polytechnischen Oberschule ging er in die erweiterte Oberschule in Erfurt. 1977 trat er nach dem Abitur in den Wehrdienst ein und begann 1980 das Diplomlehrerstudium der Fächer Chemie und Mathematik an der Pädagogischen Hochschule Halle. Das Studium schloss er 1984 mit dem Staatsexamen und der Diplomarbeit in physikalischer Chemie zum Thema „Inhibierende und potentialerhöhende Substanzen bei der elektrolytischen Herstellung von Wasserstoffperoxid“ ab, für die er mit dem Preis der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät ausgezeichnet wurde. Nach einem einjährigen Sprachstudium des Portugiesischen an der Technischen Universität Magdeburg, war er Fachlehrer und Klassenleiter für Chemie und Mathematik in der gymnasialen Oberstufe in Hoyerswerda.

1989 trat er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in die Abteilung Didaktik der Chemie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg ein, war ab 1991 amtierender Leiter dieser Abteilung und zeitgleich Mitarbeiter in verschiedenen Gremien des Fachbereiches Chemie und der Universität. Ab 1993 vertrat er die Stelle eines wissenschaftlichen Assistenten und war seit dieser Zeit weiteres Mitglied des Landesprüfungsamtes für Lehrämter im Land Sachsen-Anhalt. 1996 beendete er seine Promotion in der Didaktik der Chemie bei Prof. Dr. H. Obst und Doz. Dr. habil. W.-D. Legall zum Thema „Zum Einsatz unterstützender Unterrichtsmedien bei Nutzung der Küvettentchnik in Kombination mit Halbmikrotechnik-Gerätesystemen im Chemieunterricht“. Auch nach der Promotion blieb er als wissenschaftlicher Assistent in der Abteilung Didaktik der Chemie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und arbeitete in der Abiturkommission Chemie des Landes Sachsen-Anhalt mit. Seit dieser Zeit war er wissenschaftlicher Beirat der Zeitschriften „Chemie in der Schule“ und „Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule“. Ab 2002 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Didaktik der Chemie im Fachbereich Chemie der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, bis er 2005 als

Universitätsprofessor für Didaktik der Chemie an die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg berufen wurde.

Andreas Kometz war es ein stetiges Bestreben die Lehre aktuellen Gegebenheiten anzupassen. Dies gelang ihm im höchsten Maße durch die konsequente Verknüpfung der drei Säulen der Lehrerbildung, die ihm ein besonderes Anliegen war. Er konnte durch sein vorbildhaftes Handeln alle in die Lehre eingebundenen Personen auf das Höchste motivieren. Neben der Professur wurde ihm die Verantwortung für das in Nürnberg angesiedelte Chemielehrer-Fortbildungszentrum der GDCh übergeben, dessen Auf- und Ausbau er sich mit großem Engagement widmete. Durch seine freundschaftliche Verbundenheit mit Kollegen gelang es ihm ein breites Netzwerk von Fachreferenten aufzubauen. Dies bezog die Präsenz auf nationaler wie internationaler Ebene ein. Sein besonderes Anliegen war jedoch das von ihm ins Leben gerufene Nürnberg-Erlanger-Schüler- und Schülerinnen-Labor (NESSI-Lab), mit dem er schon Kinder für seine Chemie begeistern konnte.

Wegen seiner Kompetenz, seines reichen Erfahrungsschatzes und seiner menschlichen Wärme war er wertgeschätztes Mitglied in verschiedenen Gremien, in die er den Großteil seiner Arbeitskraft einbrachte. Andreas Kometz wirkte darüber hinaus als Mitglied des Zentralinstituts für Lehr- und Lernforschung (ZILL) und der Leitung des Departments Fachdidaktiken mit. In seiner Zeit als Prodekan zeigte er selbst bei höchster Belastung stets seine Sach- wie auch Sozialkompetenz. Ebenfalls unterstützte er als Mitglied im Beirat das MIND-Center der Universität Würzburg sowie den Universitätsbund der Universität Erlangen-Nürnberg.

Die Vielzahl seiner Publikationen ist Teil seines Vermächtnisses für einen praxisorientierten und nachhaltigen Chemieunterricht und somit wird er stets in der Chemiedidaktik verankert bleiben.

Ayelet Baram-Tsabari

Faculty of Education in Science and  
Technology,  
Technion-Israel Institute of  
Technology

### **The Usefulness of Science Knowledge and Science Education in the Lives of Non-Scientists**

The EU Framework of Science Education for Responsible Citizenship (Hazelkorn et al., 2015) identified the main issues involved in "helping all citizens acquire the necessary knowledge of and about science to participate actively and responsibly in, with and for society, successfully throughout their lives" (p.7). Its first recommendation is that science education should be an essential component of a learning continuum for all, from pre-school to active engaged citizenship. Science education is seen in this report as vital to promoting a culture of scientific thinking and dispositions, and inspiring citizens to use evidence-based reasoning for decision making. This vision of science education corresponds closely to Roberts (2007) vision II of science literacy which refers to a curriculum looking 'outside of science' (Roberts & Bybee, 2014) by including skills and knowledge that lay people need to have to deal with science related problems in their daily lives, such as Ryder's (2001) "functional science literacy", and Fensham's notion of "connoisseurs of science" emphasizing citizen's ability to make judgments (Fensham, 2015).

In our editorial "Bridging science education and science communication research" (Baram-Tsabari & Osborne, 2015) Osborne and I put forward an observation: Science education makes the optimistic assumption that if science is taught properly, people who encounter science in their everyday lives can acquire the necessary knowledge to reach an informed, scientifically-based decision. However, empirical evidence from the field of public engagement with science indicates that people make meaning of the science they encounter in their lives using different narratives based on culturally relevant prior knowledge that may or may not include science (e.g., Carrion, 2017; Feinstein, 2014; Hine, 2012; Laslo, Baram-Tsabari, & Lewenstein, 2011; Layton, Jenkins, Macgill, & Davey, 1993).

Science literacy plays out in a social context in that social, cultural, and demographic differences influence how people engage with science, and what concerns and resources they have. People's own values, interests, and non-scientific knowledge shape their perspective. The weight people attach to underlying scientific vs. non-scientific knowledge when making decision is a function of this individual perspective (Scharrer, Rupieper, Stadler, & Bromme, 2016). Science literacy can also be seen as a characteristic of the community with its division of cognitive labor (Scharrer et al., 2016), rather than as an individual characteristic. In Feinstein's (2015) account of the Lippmann-Dewey debate, both scholars agreed that the ignorance of individual citizens was an inevitable by-product of specialization, and the distracting demands of everyday life. Dewey's (1927) solution to healthy and informed civic participation in democracy was to address the level of communities rather than that of individuals: in a "well-functioning community an individual does not need to know about a particular topic as long as she is meaningfully connected to someone who does" (Feinstein, 2015) (p.156).

To be scientifically literate one needs to have the ability to make thoughtful decisions, which includes a critical assessment of scientific claims (e.g., Kolstø et al., 2006; Norris & Phillips, 1994; Ryder, 2001), especially in the media (McClune & Jarman, 2010). However, Norris

(1995), based on Hardwig (1985) argues that non-scientists cannot avoid some epistemic<sup>1</sup> dependence (Pritchard, 2015) on experts: "non-scientists' belief or disbelief in scientific propositions is not based on direct evidence for or against those propositions, but, rather, on reasons for believing or disbelieving the scientists who assert them" (p.206). This epistemic dependence is further explained by Bromme (Bromme & Goldman, 2014; Bromme, Kienhues, & Porsch, 2010) who noted that laypeople frequently have to judge the validity of scientific knowledge claims that are of great relevance to their lives, but they lack the necessary epistemic capabilities to make such judgments adequately. Therefore, the ability of laypeople to reach informed decisions is usually based not on a first hand evaluation of what is true but on a second hand evaluation of "who knows what and whom to trust" (Bromme & Goldman, 2014). These and other studies led Bromme and Goldman (Bromme & Goldman, 2014) to argue based on the theory of bounded rationality (Kahneman, 2003) that the public's limited understanding of science leads people to make science related decisions mostly by using quick heuristics, a phenomenon they called a "bounded understanding of science". To complicate things even further, when science is popularized and seems easy to understand, the ease of processing leads readers to underestimate their dependence on experts (Scharrer et al., 2016). Furthermore, depending on the scientific topic, people appear to distinguish between what they judge to be credible and what they personally believe to be true (Bromme, Scharrer, Stadler, Hömberg, & Torspecken, 2015). It is not clear how much school science instruction improves children's pre-existing reasoning skills to make judgments about science expertise (Sandoval, Sodian, Koerber, & Wong, 2014). Other studies, however, show that *competent outsiders* are able to make sophisticated judgments about the credibility of scientific claims based on cues such as professional reputation, publication venue, institutional affiliation, and potential conflicts of interest, even when they do not understand the technical nuances of experimental designs or laboratory techniques (Feinstein, Allen, & Jenkins, 2013).

### **Science literacy in real life situations: What does the public engagement with science literature tell us?**

On the one hand, the literature reports cases in which laypeople develop science-related expertise (Epstein, 1995), use science to become expert consumers and effective caregivers or patients (Feinstein, 2014; Shauli & Baram-Tsabari, 2018), and participate in scientific research, as in the growing field of citizen science (Bonney, Phillips, Ballard, & Enck, 2016; Lewenstein, 2016). An eminent case study (Wynne, 1996) of farmers' responses to scientific advice show laypeople capable of "extensive informal reflection upon their social relationships towards scientific experts, and on the epistemological status of their own local knowledge in relation to science as an 'outside' knowledge" (p.281). It also demonstrated how the public uptake of science depends primarily upon the trust and credibility public groups place in scientific institutions and representatives (Wynne, 1996). On the other hand, this literature points to the marginality of science knowledge to non-scientists' decision making. In the foundational study *Inarticulate Science* (Layton et al., 1993), four cases in which laypeople had to cope with science-related situations were analyzed. The authors found that in all four cases, participants were rarely inclined to frame their challenges in terms of science (a conclusion echoed by (Feinstein, 2014)). The authors concluded that in order to become practical, science knowledge needs to be relevant to the person concerned, align with personal experience, relate to other social knowledge, and derive from a trustworthy source. Our study of parents of hearing-impaired children explored their use of science knowledge in advocating for their children's rights (Shauli & Baram-Tsabari, 2018). Shauli and I found that

<sup>1</sup>Epistemic - relating to knowledge or to the degree of its validation. Epistemic dependence – the dependence of one's knowledge on factors outside one's cognitive agency [41], e.g. one does not possess direct evidence that smoking causes lung cancer, but believes so nonetheless [40].

parents use general science knowledge to construct and comprehend science knowledge in the field of hearing (e.g., what are soundwaves?), and that a lack of general science information hinders this process. We then investigated the quantitative interactions between general scientific knowledge, contextual scientific knowledge in the field of hearing, and parents' advocacy knowledge and attitudes. Based on 115 parents' questionnaires, general science knowledge was a predictor of contextual science knowledge, and parents who displayed higher contextual scientific knowledge emerged as having slightly better advocacy attitudes and knowledge. The small explained variance (5.5%) is consistent with previous research on knowledge and the prediction of behavior (Ajzen, Joyce, Sheikh, & Cote, 2011; Kaiser & Fuhrer, 2003).

In the last ten years, the internet in general, and social networking sites in particular, have become a primary source for science and technology related information (National Science Board, 2016; Oz, 2015), discussion and deliberation (Brossard, 2013; Brossard & Scheufele, 2013), and a place to go to for advice and emotional, social and psychological support (Zillien, Haake, Fröhlich, Bense, & Souren, 2011). Many of the insights regarding public engagement with science are replicated online (e.g., (Betten, Broerse, & Kupper, 2017)). However, the new media also have special attributes that shape the ways in which public engagement with science plays out (Brossard, 2013; Brossard & Scheufele, 2013; Peters, Dunwoody, Allgaier, Lo, & Brossard, 2014). The new media landscape is characterized by an abundance of content, interactivity, mobility, and multimodality (Schejter & Tirosh, 2016). Each of these is a double-edged sword enabling new affordances, while making it harder for a non-expert audience to reach an informed science related decision (Baram-Tsabari & Schejter, forthcoming), especially in a context where false news spreads further and faster than truth (Vosoughi, Roy, & Aral, 2018) and science and health communication is being weaponized for political reasons (Broniatowski et al., 2018).

Our study of polio vaccination discussions in a *Facebook* group found that although half the items addressed scientific or medical topics as their primary topic, most items (96%) did not present any evidence to support their arguments. That was also true for the physicians who took part in the discussion. Reasoning with evidence did not seem to be a natural part of the online informal discussion, although it mainly revolved around science (Orr & Baram-Tsabari, 2018). This raises issues regarding the attainability of the learning goal "engaging in argument from evidence" outside the classroom. Our analysis (Laslo & Baram-Tsabari, submitted) of expressions of science literacy in readers' comments about online science related coverage found that over half of the scientific concepts used by the commentators were at the high school or academic level, in which science is elective. Thus, in order to participate in the discussion or even just follow it passively, members of the public need to learn many new science concepts independently. Similarly, Shea (Shea, 2015) found that the knowledge needed to understand news articles about genetics exceeds what is expected by the relevant learning progression in schools. More importantly, in several studies of online authentic discussions (Asakly, Orr, & Baram-Tsabari, 2016; Laslo & Baram-Tsabari, submitted; Orr & Baram-Tsabari, 2018; Orr, Baram-Tsabari, & Landsman, 2016) we found that expressions of science literacy did not necessarily go hand-in-hand with the scientific consensus. Scientific knowledge was often used to support beliefs which were at odds with the scientific consensus. These findings challenge the 'deficit model', which sees scientific illiteracy as the root cause of opposition to the scientific consensus.

Although it is tempting to assume that individuals who do not accept the scientific consensus are anti-science or simply uninformed, empirical data do not support this notion. Health related issues demonstrate mixed findings: while high health literacy was significantly correlated with positive outcomes (e.g., use of more varied children's weight control strategies) (Liechty, Saltzman, Musaad, & Team, 2015), parents with relatively high scores on a health literacy questionnaire were more likely to be opposed to childhood vaccination (Aharon, Nehama,

Rishpon, & Baron-Epel, 2017). More generally, an influential meta-analysis found that individuals with greater science literacy are more likely to report positive attitudes toward science (Allum, Sturgis, Tabourazi, & Brunton-Smith, 2008). However, other subsequent studies in the US context showed that where ideology-related science controversies are studied, gaps in opinions are typically larger among individuals with more years of formal education (e.g., Kahan et al., 2012). In a PNAS article (2017) a secondary analysis of a large nationally representative US based survey revealed that where religious or political polarization existed (stem cell research, the Big Bang, human evolution, and climate change), it was greater among individuals with more general education and among individuals with greater scientific knowledge, as measured by both science course attainment and scores on a science literacy test.

This phenomenon is mainly attributed to motivated reasoning, in which people seek, evaluate, interpret, and recall information in ways that support their beliefs and commitments (Kunda, 1990). Education and specific knowledge of the content area give people a more elaborate toolbox to interpret evidence in support of their preferred conclusions. Better educated people may be more likely to know when political or religious communities have chosen sides on an issue, and hence what they should think about it. Finally, educated individuals may also have greater confidence in their own knowledge (Drummond & Fischhoff, 2017). To conclude with the sobering words of Mezirow (Mezirow, 1990): "In reality...we never have complete information, are seldom entirely free from external or psychic coercion of some sort, are not always open to unfamiliar and divergent perspectives, may lack the ability to engage in rational and critically reflective argumentation...and only sometimes let our conclusions rest on the evidence and on the cogency of the arguments alone" (p.7). This depiction is far from the optimistic, even naïve, view of science education that if we teach science well, people will be making evidenced-based decisions about science related issues.

## Literatur

- Aharon, A. A., Nehama, H., Rishpon, S., & Baron-Epel, O. (2017). Parents with high levels of communicative and critical health literacy are less likely to vaccinate their children. *Patient Education and Counseling*, 100(4), 768-775.
- Ajzen, I., Joyce, N., Sheikh, S., & Cote, N. G. (2011). Knowledge and the prediction of behavior: The role of information accuracy in the theory of planned behavior. *Basic and Applied Social Psychology*, 33(2), 101-117. doi: 10.1080/01973533.2011.568834
- Allum, N., Sturgis, P., Tabourazi, D., & Brunton-Smith, I. (2008). Science knowledge and attitudes across cultures: a meta-analysis. *Public Understanding of Science*, 17(1), 35-54.
- Asakly, D., Orr, D., & Baram-Tsabari, A. (2016). *Characteristics of an authentic scientific discourse in social networks: The case of drinking water fluoridation*. Paper presented at the Public Communication of Science and Technology (PCST) conference, Istanbul
- Baram-Tsabari, A., & Osborne, J. (2015). Bridging science education and science communication research. (Editorial.). *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2), 135-144.
- Baram-Tsabari, A., & Schejter, A. (forthcoming). The Double-Edged Sword of New Media in Supporting Public Engagement with Science. In Y. Kali, A. Schejter & A. Baram-Tsabari (Eds.), *Learning in a Networked Society: Computer Supported Collaborative Learning (CSCL)* book series. Springer.
- Betten, A. W., Broerse, J. E. W., & Kupper, F. (2017). Dynamics of problem setting and framing in citizen discussions on synthetic biology. *Public Understanding of Science*, 0963662517712207. doi: 10.1177/0963662517712207
- Bonney, R., Phillips, T. B., Ballard, H. L., & Enck, J. W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, 25(1), 2-16.
- Bromme, R., & Goldman, S. R. (2014). The public's bounded understanding of science. *Educational Psychologist*, 49(2), 59-69.
- Bromme, R., Kienhues, D., & Porsch, T. (2010). Who Knows What and Who Can We Believe? Epistemological Beliefs are Beliefs about Knowledge (Mostly) to be Attained from Others. In L. D. Bendixen & F. C. Feucht (Eds.), *Personal Epistemology in the Classroom: Theory, Research, and Implications for Practice* (pp. 163-193). Cambridge: Cambridge University Press.
- Bromme, R., Scharer, L., Stadler, M., Hömberg, J., & Torspecken, R. (2015). Is it believable when it's scientific? How scientific discourse style influences laypeople's resolution of conflicts. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(1), 36-57. doi: 10.1002/tea.21172
- Broniatowski, D. A., Jamison, A. M., Qi, S., AlKulaib, L., Chen, T., Benton, A., Quinn, S. C., & Dredze, M. (2018). Weaponized health communication: Twitter bots and Russian trolls amplify the vaccine debate. *American Journal of Public Health*, 108(10), 1378-1384.
- Brossard, D. (2013). New media landscapes and the science information consumer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(Supplement 3), 14096-14101.
- Brossard, D., & Scheufele, D. A. (2013). Science, new media, and the public. *Science*, 339(6115), 40-41.
- Carrion, M. L. (2017). "You need to do your research": Vaccines, contestable science, and maternal epistemology. *Public Understanding of Science*, doi: 10.1177/0963662517728024. doi: 10.1177/0963662517728024
- Dewey, J. (1927). *The Public and Its Problems* New York: Holt.
- Drummond, C., & Fischhoff, B. (2017). Individuals with greater science literacy and education have more polarized beliefs on controversial science topics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201704882.
- Epstein, S. (1995). The construction of lay expertise: AIDS activism and the forging of credibility in the reform of clinical trials. *Science, Technology, & Human Values*, 20(4), 408-437. doi: 10.1177/016224399502000402
- Feinstein, N. W. (2014). Making sense of autism: Progressive engagement with science among parents of young, recently diagnosed autistic children. *Public Understanding of Science*, 23(5), 592-609.
- Feinstein, N. W. (2015). Education, communication, and science in the public sphere. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2), 145-163.
- Feinstein, N. W., Allen, S., & Jenkins, E. (2013). Outside the pipeline: Reimagining science education for nonscientists. *Science*, 340(6130), 314-317.
- Fensham, P. J. (2015). Connoisseurs of science: A next goal for science education? *The Future in Learning Science: What's in it for the Learner?* (pp. 35-59): Springer.
- Hardwig, J. (1985). Epistemic dependence. *The Journal of philosophy*, 82(7), 335-349.
- Hazelkorn, E., Charly, R., Yves, B., Constantinos, C., Ligia, D., Michel, G., Mervi, K., Angelos, L., Roser, P.-C., & Welzel-Breuer, M. (2015). Science education for responsible citizenship. *Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education*.
- Hine, C. (2012). Headlice eradication as everyday engagement with science: An analysis of online parenting discussions. *Public Understanding of Science*, 23(5), 574-591.



- Kahan, D. M., Peters, E., Wittlin, M., Slovic, P., Ouellette, L. L., Braman, D., & Mandel, G. (2012). The polarizing impact of science literacy and numeracy on perceived climate change risks. *Nature Climate Change*, 2(10), 732-735.
- Kahneman, D. (2003). A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality. *American psychologist*, 58(9), 697.
- Kaiser, F. G., & Fuhrer, U. (2003). Ecological behavior's dependency on different forms of knowledge. *Applied Psychology*, 52(4), 598-613.
- Kolstø, S. D., Bungum, B., Arnesen, E., Isnes, A., Kristensen, T., Mathiassen, K., Mestad, I., Quale, A., Tønning, A. S. V., & Ulvik, M. (2006). Science students' critical examination of scientific information related to socioscientific issues. *Science Education*, 90(4), 632-655. doi: 10.1002/sce.20133
- Kunda, Z. (1990). The case for motivated reasoning. *Psychological bulletin*, 108(3), 480.
- Laslo, E., & Baram-Tsabari, A. (submitted). Expressions of science literacy in online public discussions of animal experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Laslo, E., Baram-Tsabari, A., & Lewenstein, B. V. (2011). A growth medium for the message: Online science journalism affordances for exploring public discourse of science and ethics. *Journalism: Theory, Practice and Criticism*, 12(7), 847-870.
- Layton, D., Jenkins, E., Macgill, S., & Davey, A. (1993). *Inarticulate Science? Perspectives on the Public Understanding of Science and Some Implications for Science Education*. Nafferton: Studies in Education.
- Lewenstein, B. V. (2016). Can we understand citizen science? *Journal of Science Communication*, 15(1), E1.
- Liechty, J. M., Saltzman, J. A., Msaad, S. M., & Team, T. S. K. (2015). Health literacy and parent attitudes about weight control for children. *Appetite*, 91, 200-208.
- McClune, B., & Jarman, R. (2010). Critical reading of science-based news reports: Establishing a knowledge, skills and attitudes framework. *International Journal of Science Education*, 32(6), 727-752.
- Mezirow, J. (1990). How Critical Reflection Triggers Transformative Learning. *Fostering critical reflection in adulthood*, 1, 20.
- National Science Board. (2016). Science and Engineering Indicators.
- Norris, S. P. (1995). Learning to live with scientific expertise: Toward a theory of intellectual communalism for guiding science teaching. *Science Education*, 79(2), 201-217. doi: 10.1002/sce.3730790206
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (1994). Interpreting pragmatic meaning when reading popular reports of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 947-967.
- Orr, D., & Baram-Tsabari, A. (2018). Science and politics in the polio vaccination debate on facebook: a mixed-methods approach to public engagement in a science-based dialogue. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 19(1). doi: 10.1128/jmbe.v19i1.1500
- Orr, D., Baram-Tsabari, A., & Landsman, K. (2016). Social media as a platform for health-related public debates and discussions: the Polio vaccine on Facebook. *Israeli Journal of Health Policy Research*. doi: DOI: 10.1186/s13584-016-0093-4
- Oz, L. (2015). *Ministry of Science poll for National Science Day 2015: Attitude and Knowledge among Israeli Public*. Paper presented at the The 6th Israeli Science Communication Conference, The Davidson Institute of Science Education, Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel.
- Peters, H. P., Dunwoody, S., Allgaier, J., Lo, Y. Y., & Brossard, D. (2014). Public communication of science 2.0. *EMBO reports*, e201438979.
- Pritchard, D. (2015). Epistemic Dependence. *Philosophical Perspectives*, 29(1), 305-324. doi: 10.1111/phpe.12067
- Roberts, D. A. (2007). Scientific Literacy/Science Literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. 1, pp. 120-144): Lawrence Erlbaum Associates.
- Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education*. Abingdon: Routledge.
- Ryder, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education*, 36, 1-44.
- Sandoval, W. A., Sodian, B., Koerber, S., & Wong, J. (2014). Developing children's early competencies to engage with science. *Educational Psychologist*, 49(2), 139-152. doi: 10.1080/00461520.2014.917589
- Scharrer, L., Rupieper, Y., Stadler, M., & Bromme, R. (2016). When science becomes too easy: Science popularization inclines laypeople to underrate their dependence on experts. *Public Understanding of Science*, doi: 10.1177/0963662516680311. doi: 10.1177/0963662516680311
- Schejter, A. M., & Tirosh, N. (2016). Media Policy and Theories of Justice *A Justice-Based Approach for New Media Policy* (pp. 51-59): Springer.
- Shauli, S., & Baram-Tsabari, A. (2018). The usefulness of science knowledge for parents of hearing-impaired children. *Public Understanding of Science*, 0963662518772503.

- Shea, N. A. (2015). Examining the nexus of science communication and science education: A content analysis of genetics news articles. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 397-409. doi: 10.1002/tea.21193
- Vosoughi, S., Roy, D., & Aral, S. (2018). The spread of true and false news online. *Science*, 359(6380), 1146-1151.
- Wynne, B. (1996). 'Misunderstood Misunderstanding: Social Identities and Public Uptake of Science. In A. Irwin & B. Wynne (Eds.), *Misunderstanding Science?: The Public Reconstruction of Science and Technology* (pp. 19-46). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Zillien, N., Haake, G., Fröhlich, G., Bense, T., & Souren, D. (2011). Internet use of fertility patients: a systemic review of the literature. *Journal für Reproduktionsmedizin und Endokrinologie-Journal of Reproductive Medicine and Endocrinology*, 8(4), 281-287.

## **Die Bedeutung naturwissenschaftlichen schulischen Lernens für das wissenschaftliche Studium**

### **Einleitung**

In den Plenarvorträgen des letzten Jahres von Knut Neumann (2018) und Maik Walpuski (2018) ging es darum, wie naturwissenschaftlicher Unterricht lernwirksam und motivierend gestaltet werden kann. In diesem Beitrag, dessen Grundlage mein Plenarvortrag bei der GDGP Tagung in Kiel war, ist das Thema das Handwerkzeug, welches Schülerinnen und Schüler aus der Schule mitbringen um erfolgreich ein wissenschaftliches Studium zu beginnen.

Bleibt man auf der Ebene der Unterrichtsgestaltung, so zeigt eine Studie von Sadler und Tai (2001), dass College-Studierende in den USA besser abgeschnitten haben, wenn der vorherige Unterricht sich auf wenige/weniger Konzepte beschränkt hatte und diese dafür vertieft behandelt wurden, als im Vergleich zu College-Studierenden, bei denen im Unterricht dies vorher nicht der Fall war. Die Studie zeigte auch, dass favorisierte Strategien wie Projektarbeit, Diskussionsrunden, Konzentration auf qualitative Probleme und häufige (offene) Laborexperimente keinen erhöhten Erfolg in Physik prognostizierten. Dies deckt sich mit den Aussagen der vorherigen Plenarvorträge (Neumann, 2018; Walpuski, 2018), die feststellen, dass es auf die Art und Weise der Durchführung der verschiedenen Methoden ankommt. Die Frage, die sich jetzt aber stellt ist, was fangen die Studierenden mit ihrem in der Schule erworbenen Wissen an?

Der Beitrag gliedert sich in drei große Bereiche. Zu Beginn wird diskutiert, was wir bisher über die Studieneingangsphase in einem naturwissenschaftlichen Studium wissen. Darauf aufbauend wird betrachtet, was die Oberstufe laut Vorgaben der Kultusministerkonferenz der Länder leisten soll. Der dritte Teil beschäftigt sich mit dem, was Verbände und Dozierende von Studierenden zu Beginn ihres Studiums erwarten. Abschließend werden die drei großen Sichtweisen auf das Studium zusammengeführt und diskutiert. Bei der Betrachtung wird sich vermehrt auf Studien aus Deutschland zur Studieneingangsphase und zur Oberstufe fokussiert, da die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Deutschland und den USA (Lenzen, 2016) oder anderen Ländern in Bezug auf ein wissenschaftliches Studium in Deutschland begrenzt sind.

### **Was wissen wir?**

Ein Blick in die Untersuchungen zum Studienabbruch von Heublein et al. (2017) zeigen, dass über alle Fächer hinweg die Abbruchquote bei ca. 1/3 liegt. Zur Berechnung der Quoten wurden Absolventen der Jahrgänge 2010, 2012 und 2014 mit den Anfängerjahrgängen 2006/2007, 2008/2009 und 2010/2011 verglichen. Über diese drei Erhebungszeiträume hinweg liegt die Quote im Bereich Mathematik/Naturwissenschaften bei 39 %. Ein Grund für die hohe Studienabbruchquote sind nach einer Untersuchung von Albrecht (2011) hohe inhaltliche Anforderungen. Ein weiterer Grund könnten auch immer mehr Parkstudierende sein. Die Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) erhebt seit über 25 Jahren jährlich eine Studierendenstatistik in Physik. Es zeigt sich, dass es einen großen Unterschied zwischen den Studierenden gibt, die in das Fach Physik eingeschrieben sind und denen, die das Studium wirklich beginnen (Matzdorf & Düchs, 2013). Aber auch wenn man nur die Studierenden berücksichtigt, die wirklich das Studium begonnen haben, ist die Studienabbruchquote noch relativ hoch. Es konnte auch gezeigt werden, dass früher nicht

immer alles besser war. Krause und Reiners-Logothetidou (1981) untersuchten Erstsemesterstudierende aufgrund befürchteter Schwierigkeiten mit den inhaltlichen Anforderungen im Physikstudium. Die Ergebnisse offenbarten Mängel in den Fähigkeiten und Fertigkeiten der Studierenden sowohl bei mathematischen als auch bei physikalischen Fähigkeiten und Fertigkeiten (ebd.). Ähnliches konnten Buschhüter et al. (2016) auch zeigen. Bei dieser Untersuchung wurde der Test von Krause und Reiners-Logothetidou (1981) verwendet, so dass zusätzlich gezeigt werden konnte, dass heutige Studierende nicht pauschal in allen Aufgaben/Kategorien schlechter abgeschnitten haben als damalige Studierende, sondern dass die Wissensunterschiede differenziert betrachtet werden müssen (Buschhüter et al., 2016).

Die DFG-Forschergruppe ALSTER (Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen) untersucht die Bedingung des Studienerfolgs mit dem Schwerpunkt der Fachausbildung in naturwissenschaftlich-technischen Fachstudiengängen (Sumfleth & Leutner, 2016). Die einzelnen Projekte verwenden dabei ein Modell, bei dem aufgrund von stabilen und variablen Personenmerkmalen Studienerfolg unter Berücksichtigung von u. a. Lernstrategien und sozialer Eingebundenheit prognostiziert werden soll. Eine erste Veröffentlichung aus dieser Forschung zeigt, dass in Chemie und Physik das mathematische Wissen substantiell inkrement gegenüber der Abiturnote, aber auch gegenüber der Mathematik Note ist (Müller, Stender, Fleischer, Borowski, Dammann, Lang & Fischer, 2018). Hierzu wurden  $N = 275$  Chemiestudierende und 106 Physikstudierende befragt (ebd.). Als Studienerfolg wurde die Klausurleistung am Ende des ersten Semesters verwendet (ebd.). Betrachtet man die inhaltlichen Anforderungen in dem verwendeten Mathematiktest, so stellt man fest, dass diese überwiegend im Bereich der Sekundarstufe I liegen. So soll zum Beispiel die Summe aus zwei nicht gleichnamigen Brüchen gebildet werden oder in einer quadratischen Gleichung die Unbekannte bestimmt werden (ebd.). Die Studie zeigt also, dass für die untersuchten Studiengänge basale mathematische Fähigkeiten sich positiv auf den Studienerfolg auswirken.

Aufbauend auf einem Modell zur Studierfähigkeit und zum Studienerfolg (Heldmann, 1994; Konegen-Grenier 2002a, Thiel et al. 2008) untersuchten Sorge et al. (Sorge, Peterson & Neumann, 2016) den Einfluss des physikalischen Vorwissens und der kognitiven Fähigkeit auf den Studienerfolg. Hierzu befragten sie  $N = 158$  Studierende im ersten Semester. Als Studienerfolg werteten sie das Bestehen bzw. die Note der Abschlussklausur. Das physikalische Vorwissen wurde in Bezug auf die physikalischen Inhalte relativ breit erfasst. Die Aufgaben ähnelten dem Format von TIMSS/III-Aufgaben. Sorge et al. konnten zeigen, dass das physikalische Vorwissen der einzige Prädiktor für die Vorhersage der Abschlussnote ist und dass die kognitiven Fähigkeiten der Studienanfänger\*innen Defizite im Vorwissen der Studienanfänger\*innen im Laufe des ersten Semesters ausgleichen können. In dieser Studie wurden mathematische Fähigkeiten nicht mithilfe eines Tests erhoben.

Sowohl mathematisches als auch physikalisches Wissen (Krause & Reiners-Logothetidou, 1981) sowie physikalische Kompetenz (Schoppmeier, 2013) wurden in einer Studie von Buschhüter und Kollegen (Buschhüter, Spoden & Borowski, 2017) in Bezug zur gewichteten Durchschnittsnote gesetzt. In einer Gesamtstichprobe von  $N = 168$  Studierenden konnte gezeigt werden, dass Studierende mit niedrigen mathematischen Kenntnissen und Fähigkeiten zu Studienbeginn eine erhöhte Wahrscheinlichkeit besitzen das Studium abubrechen. Hierbei spielten die physikalische Kompetenz und das physikalische Wissen keine große Bedeutung. Die physikalische Kompetenz konnte aber substantiell zusätzliche

Varianz bei der gewichteten Note auflösen. Das physikalische Fachwissen konnte auch signifikant zur Varianzauflösung beitragen. Dieser Unterschied war aber nicht substantiell. Auch hier zeigt sich, wie in der Studie von Müller et al. (2018), dass das mathematische Wissen einen deutlichen Einfluss auf das Studium besitzt. In dieser Studie zeigt sich zudem, dass die physikalische Kompetenz, also der Umgang mit bzw. das Anwenden von physikalischem Wissen zur Lösung von fachlichen Aufgaben, einen deutlich höheren Einfluss besitzt als das reine physikalische Fachwissen.

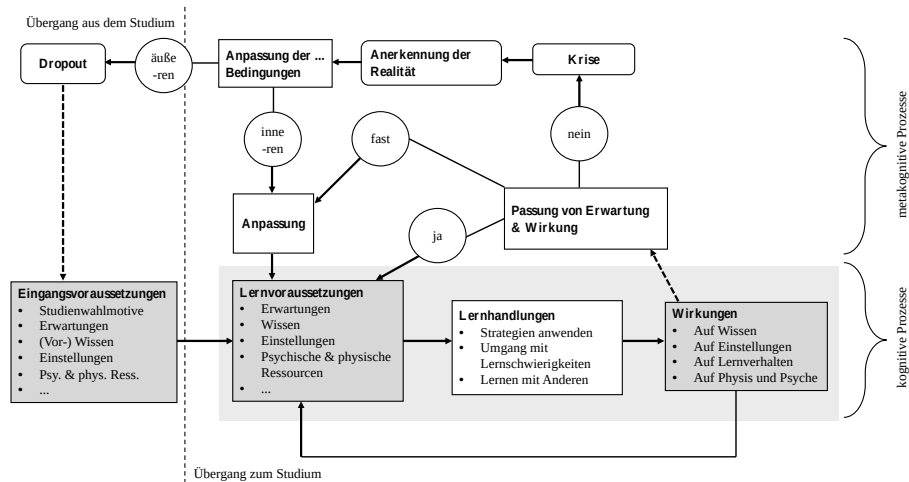
Lennart Kimpel (2017) untersuchte die fachlichen Voraussetzungen von Chemiestudierenden in der Vorlesung Allgemeine Chemie im ersten Semester (N = 173). Hierbei betrachtete er im Besonderen die mathematischen Rechenfähigkeiten der Studierenden. Für die Untersuchung entwickelte Kimpel den S.Che.Ma-Test (Schwierigkeiten in der Chemie durch die Mathematisierung), bei dem die Schwierigkeiten durch die Mathematisierung systematisch untersucht werden. Er konnte zeigen, dass das qualitative Verständnis in der Chemie der stärkste Prädiktor für das Bestehen einer Probeklausur war und nicht die mathematischen Fähigkeiten. Zusätzlich konnte er zeigen, dass die Studierenden grundsätzlich die mathematischen Rechenfähigkeiten der Allgemeinen Chemie im ersten Semester beherrschten. Die Studierenden zeigten aber Schwierigkeiten diese mathematischen Fähigkeiten in einem chemischen Zusammenhang anzuwenden. Dass diese Ergebnisse wahrscheinlich nicht für alle Veranstaltungen im Chemiestudium verallgemeinerbar sind, zeigt eine qualitative Studie von Schwedler (2017). Schwedler stellt hier fest, dass „das geforderte Niveau im abstrakt-mathematischen Bereich viele Erstsemester fachlich überfordert. Dies trifft (neben der Mathematik) als einziges chemisches Kernfach die Physikalische Chemie.“ (Schwedler, 2017, S. 178).

In der Studie von Freyer und Kollegen (Freyer, Eppe, Brand, Schiebener & Sumfleth, 2014) wurden die mathematischen Fähigkeiten nicht miteingefasst. Dafür wurde zusätzlich zu dem Einfluss der Abiturnote und des Vorwissens der Einfluss des Fachinteresses und der Studienwahl sowie der Fähigkeit des schlussfolgernden Denkens auf die Punktzahl einer Chemieklausur am Ende des ersten Semesters untersucht. In der Stichprobe von insgesamt 165 Studierenden verschiedener Studienprogramme zeigte sich wie erwartet, dass die Abiturnotesumme und das Vorwissen den größten Einfluss auf die Punktzahl in der Chemieklausur besitzen. Das schlussfolgernde Denken und das Fachinteresse liefern einen kleineren Beitrag zur Varianzaufklärung.

Fasst man die exemplarisch vorgestellten Studien zusammen, so zeigt sich die kognitive Dimension von größter Bedeutung für den Studienerfolg (Konegen-Grenier, 2002). Hier sind für ein naturwissenschaftliches Studium besonders die Rechenfähigkeit sowohl allgemein als auch im Fach hervorzuheben. Daneben spielt das fachliche Vorwissen bzw. die Fachkompetenz eine bedeutende Rolle, vor allem für die Leistungen (Noten) zu Beginn des Studiums.

Diese Art der Betrachtung spiegelt aber nur einen kleinen Teil der Studien zur Beschreibung von Studienerfolg wider. Bei der obigen Betrachtung von Studienerfolg wird kritisiert, dass sie häufig mit einer Sicht auf Studierenden-defizite verbunden sind (Ulriksen, Madsen & Holmegaard, 2010). Auch wird kritisiert, dass sie eine vereinfachte Input-Output-Perspektive einnehmen, die Prozesse während des Studiums und die Identität/Integration der Studierenden vergessen (Tinto, 1993; Ulriksen, Madsen & Holmegaard, 2010). Haak (2017) bringt in ihrem Modell (siehe Abb. 1) beide Forschungsrichtungen zusammen. Sie berücksichtigt sowohl die kognitiven Voraussetzungen der Studierenden zu Beginn des

Studiums als auch die Prozesse während des Studiums. Bei dieser Forschungsrichtung liegen bisher wenige Ergebnisse vor, die bei der Frage weiterhelfen, welche Bedeutung naturwissenschaftliches Lernen, also das Erlernen von Wissen und Kompetenzen, für ein wissenschaftliches Studium hat.



Modell nach Haak (2017, S. 281) welches u. a. aufzeigt, wie es vom Passungsproblem zum Studienabbruch kommt.

### Was soll die Oberstufe leisten?

Nun stellt sich die Frage, ob der Unterricht der Oberstufe bei einer Reduzierung auf die Vermittlung von mathematischen und physikalischen Fähigkeiten und Fertigkeiten, wie sie in den oben beschriebenen Studien erhoben werden, noch den Anforderungen der gymnasialen Oberstufe entsprechen. In der Vereinbarung zur gymnasialen Oberstufe der KMK (KMK 2018) steht die Vermittlung vertiefter Allgemeinbildung, allgemeine Studierfähigkeit sowie wissenschaftspropädeutische Bildung als Ziel der Oberstufe. Zudem spielen Fähigkeiten und Fertigkeiten in den basalen Fächern Deutsch, Fremdsprache und Mathematik eine besondere Rolle. Hinzu kommen das exemplarische Einführen in wissenschaftliche Fragestellungen, Kategorien und Methoden. Es soll die Persönlichkeitsentwicklung und -stärkung gefördert werden, so dass ein selbstbestimmtes Leben in sozialer Verantwortung und in der Mitwirkung in der demokratischen Gesellschaft möglich ist. Fachliches Grundlagenwissen als Voraussetzung für das Erschließen von Zusammenhängen zwischen Wissensbereichen soll beherrscht und die Team- und Kommunikationsfähigkeit sollen unterstützt werden (KMK, 2018).

Vergleicht man nun diese Vielzahl an Kompetenzen, die gefördert werden sollen, so ist bei den obigen Studien eine Einengung auf wenige spezielle Facetten zu erkennen. Für eine weitere Betrachtung und abschließende Diskussion sollte vorher aber noch geklärt werden,

was unter dem Trias vertiefter Allgemeinbildung, allgemeine Studierfähigkeit sowie wissenschaftspropädeutische Bildung verstanden werden kann.

### *Bildung*

Um die Frage zu beantworten, welche Bedeutung naturwissenschaftliches schulisches Lernen und damit ein Teil schulischer Bildung für das wissenschaftliche Studium besitzt, ist es notwendig den Begriff der Bildung kurz zu diskutieren. In diesem Beitrag kann ich mich aber nur sehr oberflächlich mit dem sehr breiten Thema Bildung beschäftigen und lehne mich hierbei an einen Artikel von Huber (1994) an.

Nach Blankertz ist Bildung „zureichend nur definierbar als die vermittelnde Kategorie zwischen den Ansprüchen der objektiven Welt und dem Recht auf Selbstsein des Subjekts“ zu dem die „Freiheit zu Urteil und Kritik“ gegenüber allen Lebensbereichen gehört (zitiert nach Huber 1994, Blankertz, 1969, 1974). Von Blankertz wird somit der prozedurale Aspekt der Bildung in den Vordergrund gestellt und dass es auf die Selbstbildung ankommt. Nach Hentig (1980, S. 109) ist „Bildung [...] eine Geistesverfassung, Ergebnis eines nachdenklichen Umgangs mit den Prinzipien und Phänomenen der eigenen Kultur.“ Hier wird ausgedrückt, dass Bildung auch den Aspekt der Reflexion aufweist. Den demokratischen Aspekt von Bildung betont Klafki indem er schreibt: „Bildung muß [...] zentral als Selbstbestimmungs- und Mitbestimmungsfähigkeit des einzelnen und als Solidaritätsfähigkeit verstanden werden“ (Klafki 1985, S.17). Das Interesse an Aufklärung, Selbst-werden und Frei-werden des individuellen Subjektes liegt dabei sowohl den drei aufgeführten Autoren als auch vielen anderen Autoren, die sich mit Bildung befassen, am Herzen (Huber, 1994).

Nun stellt sich aber folgende Frage: Wie hängen diese eher abstrakten Bildungsideale mit der Spezialisierung der fachlichen Inhalte der Oberstufe zusammen? Folgt man hier der Argumentation von Huber (1994), so soll exemplarischen herausarbeitet werden, was bedeutsam für die Allgemeinheit ist und darüber sollte reflektiert werden.

Durch fachliche Spezialisierung kann vertiefte allgemeine Bildung erreicht werden, wenn fachliches Lernen eng mit dem Lernen über das Fach verbunden wird, also wenn die Besonderheiten der eigenen Fachperspektive selbst zum Gegenstand der Erkenntnis werden (Schecker et al. 2004). Bedeutsam für die Allgemeinheit ist nach den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) in Chemie „die Verknüpfung grundlegender Erkenntnisse und Arbeitsweisen aus Chemie, Biologie und Physik unter Anwendung von Methoden der Mathematik“, damit die Lernenden „ein rationales, naturwissenschaftlich begründetes Weltbild“ erlangen (EPA Chemie, 2004, S. 3). Das bedeutsame ist somit nicht das einzelne Faktenwissen, sondern der Blick, mit dem Naturwissenschaftler die Welt betrachten. Ohne Zweifel braucht es dazu chemisches oder allgemeiner naturwissenschaftliches Faktenwissen und Kompetenz. Dies ist aber kein Selbstzweck. Schecker, Fischer und Wiesner (2004) gehen sogar noch weiter. Nicht nur die physikalische bzw. naturwissenschaftliche Sichtweise soll erlernt werden, sondern es soll auch eine „wissenschaftstheoretische Reflexion über *Rechte und Grenzen*“ (Schecker et al., 2004) in der Wissenschaft erfolgen. Denn „vertiefte Allgemeinbildung entwickelt sich [...] aus der Verstärkung von Kontrasten zwischen unterschiedlichen Zugangsweisen zur Welt — etwa der naturwissenschaftlichen und der künstlerisch-ästhetischen“ (Schecker et al. 2004). Die obigen Überlegungen zur Bildung möchte ich mit einem Zitat von Rosa & Endres zusammenfassen, welches meiner Meinung nach sehr gut das Ziel der Oberstufe in Bezug

auf Bildung wiedergibt. „Bildung bedeutet nicht, die Welt zu beherrschen, sondern die Beziehung zur Welt zu verändern“ (Rosa & Endres, 2016, S.44).

#### *Wissenschaftspropädeutik*

Der Begriff Wissenschaftspropädeutik ist, so wie der Begriff der Bildung, ein sehr schillernder Begriff, der von verschiedenen Protagonisten (Universitäten, Medien, Politik, ...) je nach Zweck unterschiedlich aufgefasst wird. Hier möchte ich mich auf Werner Habel (1994) beziehen, der die Wissenschaftspropädeutik allgemeiner und nicht nur auf die Vorbereitung für ein Studium beschränkt sieht. Für Habel ist Wissenschaftspropädeutik ein allgemeiner Prozess, der zum Umgang mit Wissenschaft im Allgemeinen vorbereiten soll. Hierzu ist eine Meta-Reflexion über a) die eigene Wissenschaftsdisziplin, b) andere Wissenschaftsdisziplinen und c) den Bezug zu Praxisfeldern notwendig (ebd.). Das bedeutet für den naturwissenschaftlichen Unterricht der Oberstufe, dass er kein vereinfachtes Abbild der wissenschaftlichen Disziplin sein soll (Schecker et al. 2004). Vielmehr sollte über die Disziplin (z. B. Physik) sowie über den Bezug zu anderen Disziplinen (z. B. Geschichte) und zum Alltag reflektiert werden. Hierzu kann der Beitrag des einzelnen Faches nur exemplarisch sein (ebd.). Um diese Reflexion zu ermöglichen, sollen die Lernenden an Ziele, Methoden und Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens herangeführt werden und diese „Werkzeuge“ sollen dann in pädagogischen Kontexten zur Anwendung kommen (ebd.). „Wissenschaftspropädeutik meint [somit] Bildung zur Wissenschaft und zielt auf eine Haltung, die dem Einzelnen Wissenschaft öffnet und erschließt und den Blick dafür schärf“ (Schmidt, 1991, S. 200). Auch bei der Wissenschaftspropädeutik ist auffällig, dass die einzelnen fachlichen Kompetenzen keine Erwähnung finden. Vielmehr sind diese Kompetenzen notwendig, um die geforderte Meta-Reflexion bewältigen zu können.

#### *Allgemeine Studierfähigkeit*

Hier geht es nun um die Kompetenzen, die nicht fachspezifisch sind, sondern für alle Studienfächer gleichermaßen gelten. Hierzu befragte Heldmann (1984) Dozierende verschiedener Hochschulen und Fachrichtungen. Als Ergebnis erhielt er drei große Bereiche. Die Studierenden sollten in ihrer Muttersprache, also Deutsch, ausreichend sprachliche Fähigkeiten zum Lesen und zum Erstellen von Texten besitzen. Hierbei wurden literatur- und sprachwissenschaftliche Kenntnisse nur noch von einigen Fächern für wichtig gehalten. In englischer Sprache sollten die Studierenden in der Lage sein Texte zu lesen. Zudem sollten die Studierenden mathematische Rechentechniken, elementare Funktionen, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik beherrschen. Aber diese Forderung wurde nicht eindeutig von der Gruppe der Sprach- und Kulturwissenschaften geteilt. Die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer forderten auch noch die Beherrschung der Differentiation und Integration. Schecker et al. (2004) sehen die geforderten Kompetenzen der allgemeinen Studierfähigkeit ähnlich. Sie ergänzen diese aber noch um Schlüsselqualifikationen wie Entscheidungsfähigkeit, Ausdauer, Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit und sehen die experimentelle Methode als besonders geeignet an, um diese Schlüsselqualifikationen zu erlernen. Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass die allgemeine Studierfähigkeit insgesamt basale Kompetenzen umfasst, die auf den ersten Blick eher nicht primär in den naturwissenschaftlichen Fächern erworben werden. Aber das allgemeine Einüben der Kommunikation in Deutsch, Englisch und Mathematik muss fächerübergreifend geschehen, damit die Lernenden sowohl in der Schule als auch in einem wissenschaftlichen Studium den Transfer auf verschiedene Situationen meistern können. Insofern müssen die geforderten Fähigkeiten auch im naturwissenschaftlichen Unterricht eingeübt werden.

#### **Was wird gefordert?**



Die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) nimmt zu den Zielen des Schulunterrichts (also auch des Oberstufenunterrichts) in ihrer Studie „Physik in der Schule“ (DPG, 2016) Stellung. Im Gegensatz zur Meinung einiger Lehrkräfte (Shumba & Glass, 1994) fordern sie, dass die Berufs- oder Studienvorbereitung gegenüber dem Hauptziel von Unterricht, einer vertieften allgemeinen Bildung für möglichst viele Lernenden, in den Hintergrund treten muss. Von Seiten der DPG wird laut dieser Studie auch keine umfassende und fachlich strukturierte Physikausbildung in der Schule erwartet. Vielmehr sollen zentrale physikalische Konzepte vertieft behandelt werden und wenige, sorgfältig ausgewählte Grundbegriffe verstanden werden (ebd.). Diese Aussagen werden zum Teil durch Ergebnisse einer Befragung von Hochschuldozierenden gestützt (Buschhüter & Borowski, 2014). Die Ergebnisse zeigen hier, dass für die Physik nur wenige zentrale Konzepte und diese noch nicht einmal von allen Dozierenden zu Beginn des Studiums erwartet werden. Für die Mathematik werden von allen Befragten basale Rechenoperationen wie z. B. Bruchrechnung, elementare Funktionen, Integralrechnung, ... erwartet (ebd.). Diese soliden mathematischen Grundkenntnisse und Fähigkeiten erwartet auch die DPG (2016). Zudem sollten die Studierenden Begeisterung für das Fach, Entschlossenheit und Ausdauer, Kommunikationsfähigkeit sowie die Fähigkeit interdisziplinäre Zusammenhänge zu erkennen, mitbringen. Also alles Eigenschaften die auch im vorherigen Abschnitt thematisiert wurden.

In der MaLeMINT-Studie (Neumann, Pigge & Heinze, 2018) wurden Dozierende der Anfängervorlesungen in der Mathematik gefragt, welche mathematikbezogenen Lernvoraussetzungen aus Hochschulsicht für einen erfolgreichen Einstieg in MINT-Studiengänge benötigt werden. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass von Seiten der Dozierenden keine überzogenen Erwartungen an die neuen Studierenden gestellt werden. Auch hier zeigt sich, dass die Dozierenden wollen, dass die Schulmathematik sicher gekonnt wird, aber auch das Wesen der wissenschaftlichen Mathematik zumindest nicht ganz fremd ist (ebd.). Es wird auf eine positive Einstellung zur Mathematik gesetzt. Diese Ergebnisse sind allgemein gesehen sehr erfreulich sowohl für die Schule als auch für die neuen Studierenden. Hier muss aber sicherlich im Detail geklärt werden, was mit „Schulmathematik sicher gekonnt“ gemeint ist.

Bezieht man in die Analyse auch die Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) von Chemie und Physik (EPA Chemie, EPA Physik, 2004; nach KMK, 2000, S.2) mit ein, so werden dieselben Sachverhalte thematisiert. Die Lernenden sollen

- ein Verständnis für die Vorgang der Abstraktion haben,
- die Fähigkeit zum logischen Schließen haben,
- die Sicherheit in einfachen Kalkülen haben,
- die Einsicht in die Mathematisierung von Sachverhalten besitzen,
- das Verständnis für die Besonderheit der naturwissenschaftlichen Methoden wissen,
- eine Vorstellung von Modellen in den Naturwissenschaften entwickelt haben und Modelle anwenden können und
- ein Verständnis für die Funktion naturwissenschaftlicher Theorien entwickelt haben.

In der Diskussion um die Verkürzung der Schulzeit von 13 auf 12 Schuljahre schalteten sich 2008 die Fachverbände VBio (Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland), GDCh (Gesellschaft Deutscher Chemiker) und die DPG (Deutsche

Physikalische Gesellschaft) ein. Den Gesellschaften ging es darum, dass eine Schulzeitverkürzung nicht zu einer Verringerung des Stundenkontingentes in den naturwissenschaftlichen Fächern führen darf. Als zentrale Gründe nannten sie, dass die naturwissenschaftlichen Kompetenzen wie Analysefähigkeit, Problemlösungskompetenz, Urteilsvermögen und das Denken in interdisziplinären Zusammenhängen fördern und zudem weit über die Disziplinengrenzen hinaus wirken. Dies schließt auch soziale, ökologische, medizinisch-gesundheitliche, ökonomische und technologische Fragestellungen ein (VBio, GDCh & DPG, 2008).

Fasst man nun diese Erwartungen bzw. Forderungen der verschiedenen Stakeholder zusammen, so fällt auf, dass der „Werkzeugkasten“ den die Schüler\*innen nach der Oberstufe besitzen sollten nicht eindimensional nur aus fachlichen Inhalten besteht. Diese fachlichen Inhalte sind kein Selbstzweck, sondern dienen dem Zweck andere Fähigkeiten und Fertigkeiten in methodischen, sozialen und emotionalen „Werkzeugkästen“ auszubilden. Huber (1994) fasst dies in der Aussage zusammen, dass die Studien- und Fachmotivation, die inhaltliche, organisatorische, methodische und lebenspraktische Selbstständigkeit, die Entwicklung der Identität, die soziale Kompetenz und das sich auf In-Frage-Stellungen einzulassen bedeutender ist als das Fachwissen.

### **Fazit**

Schon 2004 stellten Schecker et al. (2004) fest, dass es eine auffällige Diskrepanz zwischen der Legitimation von naturwissenschaftlichem Unterricht und der schulischen Praxis gibt. Physikunterricht wird häufig mit seinem Beitrag zum Welt- und Selbstverständnis begründet. In der Praxis wird aber der Gebrauchswert des physikalischen Faktenwissens in den technischen und beruflichen Feldern in den Vordergrund gestellt. Hierdurch wird aber nur das „Bedarfsargument der Gesellschaft“ und nicht das „Bedürfnisargument des Individuums“ (Jung, 1999, S. 33 ff) berücksichtigt. Auch zeigt sich, dass wissenschafts- und erkenntnistheoretische Elemente sowie gesellschaftliche und politische Bezüge im Unterricht für die meisten Physiklehrkräfte (zumindest damals) fremd waren.

Die empirischen Studien haben gezeigt, dass mathematische Fähigkeiten (Rechenfähigkeit) sowohl allgemein als auch im Fach für ein naturwissenschaftliches Studium und ich denke auch allgemein für ein wissenschaftliches Studium wichtig sind. Zudem konnten die Studien zeigen, dass sich fachliches Wissen und besonders fachliche Kompetenz positiv auf ein naturwissenschaftliches Studium auswirken. Es zeigt sich aber auch, dass wichtige geforderte Kompetenzen bisher noch nicht bei der Studienerfolgsprognose berücksichtigt worden sind. Hierzu gehören die Reflexion über das Fach und die Methodik in dem Fach. Für die Naturwissenschaften hat das Experiment hierbei eine besondere Bedeutung. Zusätzlich sollten die Schüler\*innen die Beziehung des Faches und ihrer Methodik zu anderen Disziplinen und zur Lebenswelt reflektieren und die naturwissenschaftlichen Methoden sowie ihre Vor- und Nachteile und Grenzen kennen. Die Frage, die sich stellt ist aber, ob diese Kompetenzen für ein wissenschaftliches Studium hilfreich sein könnten. Bevor aber Tests zu diesen Bereichen entwickelt werden und Studierende damit befragt werden können, müssen vorher theoretische Arbeiten erfolgen. Hierbei käme es darauf an zu zeigen, inwieweit die zusätzlichen Kompetenzen dazu beitragen können, den Studienerfolg zu gewährleisten. Hierbei sind sicherlich komplexere Modelle wie z. B. das von Haak (2017) notwendig, die neben den kognitiven Dimensionen auch die emotionalen und metakognitiven Dimensionen berücksichtigen.

Bezüglich der Fachdidaktik ist anzumerken, dass hier noch zu wenig zu dem Bedürfnisargument des Individuums geforscht bzw. entwickelt wird. Bisher gibt es nur

vereinzelt Ansätze, um die Methodik, z. B. der Physik, auf die Lebenswelt (außerphysikalische Prozesse) anzuwenden. Auch gibt es meines Wissens keine Unterrichtseinheit, die die Methodik der Physik oder allgemeiner der Naturwissenschaften mit der Methodik z. B. in den Gesellschaftswissenschaften vergleicht. Hier besteht noch einiger Forschungs-, Entwicklungs- und Implementierungsbedarf, so dass vielleicht in den nächsten Jahrzehnten die wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Elemente sowie gesellschaftliche und politische Bezüge im Unterricht für die meisten Physiklehrkräfte nicht mehr fremd sind.

### Literatur

- Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. [http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS\\_derivate\\_000000010456/Dissertation\\_Druckversion\\_Andre\\_Albrecht\\_UB.pdf](http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000010456/Dissertation_Druckversion_Andre_Albrecht_UB.pdf) Zugriffen: 20. August 2018.
- Blankertz, H. (1969) Bildung im Zeitalter der großen Industrie. Hannover: Schroedel
- Blankertz, H. (1974) „Bildung“. In: Wulf, C. (Hg.): Wörterbuch der Erziehung. München: Piper.
- Buschhüter, D., Borowski, A. (2014). Modellierung von Eingangsanforderungen für das Studienfach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 540 - 542). Kiel: IPN – Verlag
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016). Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22 (1), S.61–75 DOI 10.1007/s40573-016-0041-4
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017). Physics knowledge of first semester physics students in Germany: a comparison of 1978 and 2013 cohorts. In: International Journal of Science Education, Volume 39, 2017 - Issue 9, Pages 1109-1132 DOI: 10.1080/09500693.2017.1318457
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017). Studienerfolg im Physikstudium: Inkrementelle Validität physikalischen Fachwissens und physikalischer Kompetenz In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften: ZfDN, Jg 23, Heft 1, S. 127–141 DOI 10.1007/s40573-017-0062-7
- [DPG] Deutsche Physikalische Gesellschaft (2016). Physik in der Schule - Hauptteil <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/broschueren/studien/schulstudie-2016/schulstudie-hauptteil.pdf>, Zugriffen: 20. August 2018.
- [EPA Chemie] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland - KMK (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Chemie. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/1989/1989\\_12\\_01-EPA-Chemie.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1989/1989_12_01-EPA-Chemie.pdf), Zugriffen: 20. August 2018.
- [EPA Physik] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland - KMK (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/1989/1989\\_12\\_01-EPA-Physik.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1989/1989_12_01-EPA-Physik.pdf), Zugriffen: 20. August 2018.
- Freyer, Katja; Eppe, Matthias; Brand, Matthias; Schiebener, Johannes; Sumfleth, Elke (2014) Studienerfolgsprognose bei Erstsemesterstudierenden in Chemie : eine Studie an einer Universität mittels moderierter multipler linearer Regressionsanalyse. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 20(1), S. 129 – 142
- H.Rosa & W. Endres (2016) Resonanzpädagogik. Wenn es im Klassenzimmer knistert. Weinheim: Beltz Verlag
- Haak, I. (2017). Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase. Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff. Berlin: Logos.
- Habel, W. (1990). Wissenschaftspropädeutik. Untersuchungen zur Gymnasialen Bildungstheorie des 19. und 20. Jahrhunderts. Köln/Wien: Böhlau
- Heldmann, W. (1984). Studierfähigkeit. Ergebnis einer Umfrage. Göttingen: Schwartz.
- Hentig, H. v. (1980) Die Krise des Abiturs- und eine Alternative. Stuttgart: Klett 1980
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., et al. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen

- Hochschulen. Forum Hochschule 1|2017. [http://www.dzhw.eu/pdf/pub\\_fh/fh-201701.pdf](http://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201701.pdf). Zugriffen: 20. August 2018.
- Huber, Ludwig (1994). Nur allgemeine Studierfähigkeit oder doch allgemeine Bildung? Die Dt. Schule (86), S. 12 – 26. ISBN: 978-3-89088-361-8
- Jung, W ( 1999). Begründung und Zielsetzung. In: W. Bleichroth, H. Dahncke, W. Jung, W. Kuhn, G. Merzyn & K.Weltner, Fachdidaktik Physik. Köln: Aulis, 17-63.
- Kimpel, L. (2018). Aufgaben in der Allgemeinen Chemie. Zum Zusammenspiel von chemischen Verständnis und Rechenfähigkeit. In H. Niedderer, H- Fischler & E. Sumfleth, Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 249. Berlin: Logos.
- Klafki, W. (1985). Konturen eines neuen Allgemeinbildungskonzepts. In: ders.: Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Weinheim: Beltz, S. 12 – 30
- [KMK] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2018). Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/1972/1972\\_07\\_07-VB-gymnasiale-Oberstufe-Abiturpruefung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1972/1972_07_07-VB-gymnasiale-Oberstufe-Abiturpruefung.pdf). Zugriffen: 20. August 2018.
- Konegen-Grenier, C. (2002). Studierfähigkeit und Hochschulzugang. Köln: Deutscher Instituts-Verlag.
- Krause, F., & Reiners-Logothetidou, A. (1981). Kenntnisse und Fähigkeiten naturwissenschaftlich orientierter Studienanfänger in Physik und Mathematik. Die Ergebnisse des bundesweiten Studieneingangstests Physik 1978. Bonn: Universität Bonn.
- Lenzen, D. (2016). Präsident der Universität Hamburg kritisiert Bologna-Reform. <https://www.epochtimes.de/wissen/gesellschaft/president-der-universitaet-hamburg-kritisiert-bologna-reform-a1962339.html>, Zugriffen: 20. August 2018.
- Matzdorf, R. & Düchs G. (2013). Immer mehr Parkstudierende – Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2013. [http://www.physik.de/details/physikjournalArticle/5115211/Immer\\_mehr\\_Parkstudierende.html](http://www.physik.de/details/physikjournalArticle/5115211/Immer_mehr_Parkstudierende.html). Zugriffen: 20. August 2018.
- Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Borowski, A., Dammann, E., Lang, M. & Fischer, H.E. (2018) Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24(1), 1 – 17 <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0082-y>
- Neumann, I., Pigge, C. & Heinze, A. (2017). Welche mathematischen Lernvoraussetzungen erwarten Hochschullehrende für ein MINT-Studium? Kiel: IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik. ISBN: 978-89088-292-5. Download unter <https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-mathematik/forschung-und-projekte/malemint/malemint-studie>. Zugriffen: 12. Oktober 2018
- Neumann, Knut (2018). Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften – die Suche nach dem Heiligen Gral . In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 5). Universität Regensburg
- Rosa, H. & Endres, W. (2016). Resonanzpädagogik. Wenn es im Klassenzimmer knistert. Weinheim: Beltz Verlag.
- Sadler, P.M. & Tai R. H. (2001). Success in Introductory College Physics: The Role of High School Preparation. [Science Education](https://doi.org/10.1002/1097-4714(200106)25:2%3C111::AID-SCE111%3E3.0.CO;2-1) 85(2):111-136
- Schecker, H., Fischer, H., & Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In H.-E. Tenorth (Hrsg.), Kerncurriculum Oberstufe II (S. 148-234). Weinheim: Beltz.
- Schmidt, A. (1991). Das Gymnasium im Aufwind. Entwicklung, Struktur, Probleme seiner Oberstufe. Aachen: Hahner Verlagsgesellschaft.
- Schoppmeier, F. (2013). Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe: : Entwicklung und Validierung eines Kompetenzstrukturmodells für den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen. In H. Niedderer, H- Fischler & E. Sumfleth, Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 153. Berlin: Logos.
- Shumba, O & Glass, L. W. (1994). Preceptions of Coordinator of College Freshman Chemistry Regarding Selected Goals and Outcomes of High School Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 4, 381-392
- Sorge, S., Petersen, S., & Neumann, K. (2016). Die Bedeutung der Studierfähigkeit für den Studienerfolg im 1. Semester in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 165–180. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0048-x>.
- Sumfleth, E. & Leutner, D. (2016) Antrag der DGF-Forscherguppe ALSTER ALSTER (akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen).
- Schwedler, S. (2017) Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? Eine qualitative Analyse zur Ausprägung des Stresserlebens und Ursachen der Fehlbeanspruchung im Studium der Chemie und chemienaher Fächer In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 165 – 179. DOI 10.1007/s40573-017-0064-5

- Thiel, F., Veit, S., Blüthmann, I., Lepa, S., & Ficzkow, M. (2008). Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität. Sommersemester, Bd. 2008. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Tinto, V. (1993). Leaving college: Rethinking the causes and cures of student attrition. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Ulriksen, L., Madsen, L.M. & Holmegaard, H.T. (2010). What do we know about explanations for drop out/opt out among young people from STM higher education programmes? *Studies in Science Education*, 46 (2), 209–244. doi:10.1080/03057267.2010.504549
- VBIO, GDCh, GDCh, 2008 – Gemeinsame Pressemitteilung Naturwissenschaftler: Stundenstreichungen im achtjährigen Gymnasium gefährden Zukunftsfähigkeit unseres Landes. [https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/stellungnahmen/stundenstreichung\\_2008.pdf](https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/stellungnahmen/stundenstreichung_2008.pdf) Zugriffen: 20. August 2018.
- Walpuski, Maik (2018). Qualitätsmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 32). Universität Regensburg.

### **Identitätsaushandlungen zu Physik als Aspekt naturwissenschaftlicher (Grund)Bildung?)**

Wie setzen sich Kinder, Jugendliche und Erwachsene in verschiedenen Lebensphasen zu dem ins Verhältnis, was sie für Physik halten? Dieser Frage gehen zahlreiche fachdidaktische Forschungsprojekte mehr oder weniger direkt nach, indem beispielsweise Vorstellungen oder Interessen von Schülerinnen und Schülern ergründet werden. Selten hingegen wird dabei das Konstrukt der *Identität* bzw. die Idee von *Identitätsarbeit* herangezogen. Im Folgenden soll deshalb der Annahme nachgegangen werden, Fachdidaktik könne davon profitieren, Identitätsaushandlungen forschend in den Blick zu nehmen, um besser zu verstehen, wie Heranwachsende den Naturwissenschaften begegnen.

Im Folgenden soll zunächst kontrastierend auf zwei Bildungsbegriffe – den der scientific literacy und den weiter gefassten transformatorischen Bildungsbegriff – Bezug genommen werden, um herauszuarbeiten, welche Fragestellungen und Probleme mit ihnen in den Blick geraten und ob und wie die Identitätsperspektive daran anknüpfen kann. Anschließend wird die Perspektive auf Bildungswegentscheidungen zur Physik gelenkt, die als wichtiger Indikator für gesellschaftliche Teilhabe und als Moment der Subjektwerdung betrachtet werden können. Die These, dass eine Annäherung an die Prozesshaftigkeit und Komplexität von Bildungswegentscheidungen über das Identitätskonstrukt möglich sei, führt dann weiter zu Forschungsergebnissen und methodologischen Fragen, die allerdings nur kurz thematisiert werden.

Als zwei große Argumentationslinien zur bildungstheoretischen Legitimation von Physikunterricht hat Walter Jung (1991) die Bezugnahme auf gesellschaftliche Bedarfe auf der einen und auf individuelle Bedürfnisse der Bildungssubjekte auf der anderen Seite ausgemacht. Diesen Legitimationen korrespondiert die Unterscheidung zwischen instrumenteller Rechtfertigung und intrinsischer Rechtfertigung von Physikunterricht (vgl. Gräber & Nentwig, 2002, p. 9). Beide Zugänge sind nach wie vor berechtigt und relevant – beide begründen Physikunterricht. Allerdings scheint die Frage berechtigt, wie diese Zugänge in der gegenwärtigen fachdidaktischen Bildungs- und Forschungslandschaft gegeneinander gewichtet werden. Dominierend (sowohl was den Umfang als auch die Anerkennung/Rezeption der Forschungsergebnisse betrifft) für die letzten Jahre erscheint die Perspektive der politischen und ökonomischen Bedarfe: Was braucht die Gesellschaft? Welche Fähigkeiten benötigen Heranwachsende, um diese Bedarfe zu decken? Und wie muss ein Bildungssystem beschaffen sein, das die Ausprägung dieser Fähigkeiten ermöglicht? Dies ist eine legitime Perspektive für eine Gesellschaft, die Bildung (bzw. ein Bildungssystem) gestalten will. Ob und wie dabei auch die individuellen Bedürfnisse der Heranwachsenden erfüllt werden, beeinflusst aber ebenfalls zu einem nicht zu vernachlässigenden Anteil, ob diese auch bereit und willens sind, die gesellschaftlichen Bedarfe zu erfüllen. Die beiden im Folgenden umrissenen Zugänge zum Bildungsbegriff können nur oberflächlich und an mancher Stelle vielleicht auch einseitig oder sehr zugespitzt dargestellt werden, was die Argumentation dieses Beitrags unterstreichen soll, aber den differenzierten bildungstheoretischen Diskussionen, die dahinter liegen, nicht immer gerecht wird.

#### **Funktionaler Zugang zum Bildungsbegriff**

Der gesellschaftlichen Bedarfs-Argumentationslinie bei Jung steht eine pragmatische bzw. funktionale Auslegung des Bildungsbegriffs nahe (zu den folgenden Ausführungen vgl. Tab.

1). In den Fokus gerückt werden hier der Wissenserwerb zu fachlichen Inhalten bzw. die Ausprägung von Kompetenzen bei Schülerinnen und Schülern.

|                                                            | <b>Naturwissenschaftliche Grundbildung/ scientific literacy</b>                                                                                                                                                         | <b>Allgemeine Bildung</b> im weiteren Sinne/klassisch gedacht                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Zugang zum Bildungsbegriff</b>                          | funktional/ instrumentell                                                                                                                                                                                               | transformatorisch/ intrinsisch                                                                                                                                                                                    |
| <b>Bildungsziel ist primär...</b>                          | Teilhabe (vgl. gesellschaftliche Bedarfe)                                                                                                                                                                               | Subjektwerdung (vgl. individuelle Bedürfnisse)                                                                                                                                                                    |
| <b>Perspektive auf die Individuen im Forschungsprozess</b> | Individuen als zu <i>beschreibende</i> (zu vermessende?) Objekte (im Plural)                                                                                                                                            | Individuum als zu <i>verstehendes</i> Subjekt (im Singular)                                                                                                                                                       |
| <b>Methodologie</b>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Logik großer Stichproben</li> <li>- quantitativ (bis z.T.) inhaltsanalytisch; deskriptiv</li> <li>- Art der Daten: operationalisierbare und trennscharfe Konstrukte</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kasuistik/ (Einzel-) Falllogik</li> <li>- rekonstruktiv/ hermeneutisch/ narrationsanalytisch</li> <li>- Art der Daten: möglichst reichhaltig, wenig gefiltert</li> </ul> |

Tab. 1: Vergleich der zwei kontrastierten Zugänge zum Bildungsbegriff

Bildung wird hier eher mit Blick auf ihren Nutzen und Gebrauchswert für den weiteren Lebenslauf bzw. für gesellschaftliche Teilhabe betrachtet, so Messner (2016, p. 27). Prototypisch oder paradigmatisch für diesen Bildungsbegriff ist die literacy-Auffassung, die den PISA-Studien zugrunde liegt, auf die deshalb exemplarisch Bezug genommen werden soll (Messner nennt TIMSS und PISA auch die „Mutterstudien“ einer so ausgerichteten empirischen Bildungsforschung, vielleicht sind aber auch „Musterstudien“ gemeint).

Das Ziel der PISA-Studien besteht darin, ein eigenes Indikatorensystem für Bildungsergebnisse zu entwickeln und zu verwenden, um die so gewonnenen Daten als empirischen Bezugspunkt für die Steuerung von Bildungssystemen zu nutzen (Sälzer & Reiss, 2016, p. 15). Es sollen relative Schwächen und Stärken zwischen den beteiligten Ländern dargestellt und ein Bildungsmonitoring innerhalb der Teilnehmerstaaten ermöglicht werden. Eine der zentralen Fragen ist dabei, wie gut es gelingt, die Heranwachsenden in Schulen auf das Erwachsenenleben vorzubereiten. Als Maßstab für eine solche Vorbereitung zählen dann die Anwendbarkeit des Gelernten für die aktive Teilhabe am gesellschaftlichen Leben und die Anschlussfähigkeit im Sinne eines kontinuierlichen Weiterlernens. Oder anders formuliert: „Inwieweit haben Schülerinnen und Schüler gegen Ende der Pflichtschulzeit Kenntnisse und Fähigkeiten erworben, die für eine erfolgreiche Teilhabe an modernen Gesellschaften als unerlässlich angesehen werden?“ (Sälzer & Reiss, 2016, p. 17)

Oelkers (2002) weist in diesem Kontext darauf hin, dass es keineswegs trivial sei, zu bestimmen, welche Fähigkeiten oder Eigenschaften die heutigen Schülerinnen und Schüler in 15-20 Jahren für gesellschaftliche und berufliche Teilhabe benötigen, weil wir weder für die Gesellschaft sicher prognostizieren können, welche Bedarfe sie an ihre Bürger\*innen richten wird, noch für das Individuum sicher wissen, was es für Teilhabe benötigt: „Auch ein „alltagsnahe“ Unterricht kann nicht antizipieren, was sich in der nachfolgenden Lebenserfahrung der Schülerinnen und Schüler an Problemgehalten ergibt.“ (Oelkers, 2002, p. 108)

Welche Rolle kommt dem Individuum in einem solchen Bildungszugang bzw. in der Forschung im Rahmen des funktionalen Paradigmas, hinter dem Teilhabe als legitimatorische

Folie liegt, zu? Sehr pointiert könnte man formulieren, dass die Heranwachsenden weniger als Gestalter ihrer eigenen Bildungsprozesse erscheinen denn als Objekte, in denen sich Bildung manifestieren soll. In entsprechenden Forschungsprojekten wird ihr jeweiliger status quo hinsichtlich operationalisierbarer Konstrukte beschrieben, seltener werden auch Bildungsverläufe in den Blick genommen. Die Individuen in Forschungsprojekten also eher in Gruppen von zu beschreibenden (vielleicht sogar zu vermessenden) Objekten auf – als Stichprobe, Kohorte, Untersuchungsgruppe –, wobei der Zugriff auf die Personen bewusst ausschnitthaft bleibt. Explizit nicht betrachtet werden Bildungsprozesse auf der Ebene des Einzelnen oder wie Sälzer & Reiss es formulieren: „Das Erhebungsdesign der PISA Studie ist stark auf die Ebenen der Schule und Bildungssysteme ausgerichtet. Befunde zur individuellen Schülerdiagnostik werden prinzipiell nicht aus der Studie gewonnen“ (Sälzer & Reiss, 2016, p. 20).

Dem Gegenstand – es geht letztlich um die Untersuchung von Wirkungen des (oder innerhalb des) Bildungssystems – entspricht die Methodologie, die der Logik möglichst großer Stichproben folgt. Der Zugriff ist quantitativ-empirisch gelagert, seltener qualitativ in Form von Inhaltsanalysen, die dann allerdings subsumptionslogisch auf Kategorienbildung und -auszählung ausgerichtet sind. Um große Stichproben bewältigen zu können, müssen in der Regel operationalisierbare und dem Anspruch nach trennscharfe Konstrukte erhoben werden, die Aussagen über korrelative Zusammenhänge erlauben. Insofern sind es – und das wird in den Veröffentlichungen auch betont – erst einmal keine Kausalitätsaussagen, die anhand der Daten getroffen werden können. Dass in deren Rezeption dennoch oft Kausalitäten unterstellt werden, ist nicht den Studien selbst anzulasten. Forschungsergebnisse werden entsprechend auf der Ebene der Stichproben berichtet, nicht auf Ebene der Individuen und es handelt es sich überwiegend um Querschnitterhebungen – siehe PISA, die bei regelmäßiger Wiederholung zwar Aussagen über Trends zu Entwicklungen im Bildungssystem erlauben, aber eben nicht über die Entwicklung der Subjekte über den einen Erhebungszeitpunkt hinaus.

Während in den ersten PISA-Erhebungen neben dem Wissen bzw. den Kompetenzen der befragten Schüler\*innen deren motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen eher randständig erhoben wurden, wurde diesen Aspekten in der Erhebung von 2015 intensiver nachgegangen und damit ihre Relevanz für die nachhaltige Auseinandersetzung mit Naturwissenschaften anerkannt. So heißt es bei Schiepe-Tiska, Simm, & Schmidtnr (2016, p. 100): „Naturwissenschaftliches Wissen bildet dafür [gemeint ist die verantwortungsvolle Teilhabe, Anm. T.R.] eine wichtige Grundlage. Es reicht allein jedoch nicht aus, um sich auch über den Unterricht und die Schule hinaus im Alltag mit Naturwissenschaften auseinanderzusetzen zu wollen und diese für mögliche Ausbildungs- und Berufswahlentscheidungen in Betracht zu ziehen“.

Angesichts der ernüchternden Ergebnisse zu motivationalen Orientierungen, von denen im Folgenden nur wenige angeführt werden sollen, wird von den Autorinnen Handlungsbedarf konstatiert. Wie diese Handlungen aussehen könnten, wird hingegen nicht genauer ausgeführt, was darin begründet sein mag, dass die Ursachen für die Befunde eben nicht aus den erhobenen Daten abgelesen werden können. Folgende Befunde werden angeführt (vgl. Schiepe-Tiska et al., 2016):

- Fünfzehnjährige in Deutschland bekunden signifikant weniger Freude und Interesse an den Naturwissenschaften im Vergleich zum Durchschnitt aller teilnehmenden Staaten und auch im Vergleich zu Staaten mit ähnlichen Kulturräumen. Der Gendergap ist in Deutschland besonders groß.
- Gleiches gilt für die instrumentelle Motivation, mit der erfasst werden soll, welche Bedeutung und Relevanz Jugendliche den Naturwissenschaften für ihre Zukunft beimessen.
- Hinsichtlich der Selbstwirksamkeitserwartungen ergibt sich ein ähnliches Bild.



Interessant ist es, dass ein Vergleich der Ergebnisse aus den Studien von 2006 und 2015 gezogen wird, wobei die graphische Darstellung der Ergebnisse (vgl. (Schiepe-Tiska et al., 2016, p. 123) auf den ersten Blick suggeriert, es habe zwischen den Erhebungszeitpunkten eine stetige und lineare Entwicklung stattgefunden, was natürlich nicht intendiert sein kann. Was aber lässt sich aus den Daten ablesen? Was genau kann man über den naturwissenschaftlichen Unterricht bzw. seine Lernenden erfahren? Zunächst mal sind die 2006 Befragten zum Zeitpunkt der zweiten Befragung ca. 24 Jahre alt, wie es inzwischen um ihre Freuden und Interessen, ihre Motivationslagen zu Naturwissenschaften bestellt ist und wie sie ihre gesellschaftliche Teilhabe heute ausfüllen, lässt sich mit diesen Daten nicht feststellen. Festhalten kann man aber, dass neun Jahre nach dem ersten Erhebungszeitpunkt eine Gruppe von Heranwachsenden, die im Wesentlichen über die Merkmale Alter (15 Jahre) und Wohnort zum Zeitpunkt der Befragung (in der BRD) mit der ersten Stichprobe übereinstimmt, anders, nämlich mit niedrigerer Zustimmung, auf die angebotenen Items reagiert. Interpretiert werden diese Daten als im Vergleich zum ersten Querschnitt geringere Ausprägung von Freude, Interesse, Motivation und Selbstwirksamkeitserwartungen bei den Befragten.

Wie es zu diesem Unterschied im Antwortverhalten zweier Kohorten kommt, lässt sich allerdings nicht aus den Daten entnehmen. Genau genommen ist nicht einmal für einen Erhebungszeitpunkt genau festzustellen, wie die Antworten zustande kommen. Zwar kann mit Korrelations- und Regressionsanalysen und weiteren ausgefeilten statistischen Analysen Zusammenhängen zwischen verschiedenen Konstrukten nachgegangen werden. Was da aber Ursache und was Wirkung ist und vor allem, welche Prozesse zu dem jeweiligen Antwortverhalten geführt haben, bleibt im Dunkeln. So ließe sich mit Blick auf das unterschiedliche Antwortverhalten beispielsweise fragen: Steckt hinter dahinter eine veränderte Wahrnehmung des naturwissenschaftlichen Unterrichts oder hat er sich vielleicht wirklich geändert? Sind es veränderte Genderausprägungen – Gender wird im Rahmen von PISA nur dichotom erfasst, die zu dem größeren Gendergap führen? Wie wirken sich im Einzelnen Veränderungen in der kulturellen und sozioökonomischen Zusammensetzung der Schüler\*innen aus? Oder hat sich vielleicht die Wahrnehmung von Naturwissenschaften durch mediale Einflüsse so verändert, dass sich das hier niederschlägt?

Diese Art von Fragen, lassen sich mit Studien der PISA-Spielart nicht beantworten und sie entsprechen auch nicht deren Anliegen: Das Erkenntnisinteresse liegt, wie oben bereits ausgeführt, explizit nicht auf der Ebene von Individuen und darin zu verstehen, wie sich die erfassten Kompetenzen in einzelnen Personen ausbilden oder wie sich bestimmte Einstellungen und Interessen verändern. Vielmehr geht es darum, den status quo einer großen, möglichst repräsentativen Stichprobe zu einem Zeitpunkt zu erfassen.

Welche Schlussfolgerung lassen die PISA-Ergebnisse nun mit Blick auf den Erfolg der naturwissenschaftlichen Grundbildung zu? Die Ergebnisse zu den Kompetenzen i.S. fachlicher Fähigkeiten werden als Erfolg interpretiert. Der Blick auf motivationale Aspekte lässt keine Euphorie aufkommen. Und kommt man auf die gesellschaftliche Teilhabe als übergeordnetes Ziel zurück, ist festzuhalten, dass ein dahingehender Erfolg anhand der PISA-Daten nicht beurteilt werden kann, da berufliche oder gesellschaftliche Teilhabe nicht erfasst werden. Zusammengefasst ist der Ertrag der PISA-Ergebnisse weniger darin zu suchen, dass sie Erklärungen für die eigenen Befunde liefern, sondern dass diese relevante Hinweise darauf geben, welche Aspekte weitere Forschungsanstrengungen verdienen.

### **Bildung transformatorisch gedacht**

Zu fragen ist, ob und inwieweit (im Kontrast zur scientific literacy-Auffassung) die Subjektperspektive im Rahmen einer eher klassischen oder transformatorisch gelagerten Auffassung

von Bildung an Raum gewinnt? Bildung, so heißt es hier, entsteht in der Wechselwirkung zwischen Ich und Welt, sie findet statt in der Auseinandersetzung des Bildungssubjekts mit der Welt. So zielt sie auf die Ermöglichung eines Selbst- und Weltverhältnisses ab bzw. soll im Bildungsprozess dieses Verhältnis transformiert werden. Damit wird deutlich, dass Bildung gleichermaßen als Prozess *und* als Ergebnis/Resultat zu denken ist und dass es um Subjektwerdung geht.

Nach Combe hat biographisch bedeutsames Lernen insofern den Charakter einer Erfahrungs-krise, als ein Stück der eigenen Biographie, des vorhandenen Wissens und der vorhandenen Handlungsroutinen neu bearbeitet und innerpsychisch neu konstruiert werden muss (vgl. Hericks, 2004, p. 194) oder wie Fischler, Gebhardt & Rehm (2018, p. 14) formulieren: Bildungswirksames Lernen ist „eine Form der *Erfahrung*, die uns als Person berührt und verändert.“ Der Bildungsprozess ist demnach an Krisen oder das Bewältigen von Widerständen geknüpft, die mit dem bisherigen Selbst- und Weltverhältnis nicht zu überwinden sind. „Aus dem Erleben und Verarbeiten dieses krisenhaften Prozesses kann man verändert hervorgehen“ so Combe und Gebhardt (2007, p. 9), das Selbst- und das Weltverhältnis werden transformiert: Bildung findet statt. Dabei sind Selbst- und Weltverhältnis so miteinander verknüpft, dass sich das eine nicht ohne das andere verändern kann.

Was kann beim Physiklernen oder in der Auseinandersetzung mit Physik derart gelagerte Bildungsprozesse auslösen? Zunächst kann eine Krise durch die Begegnung mit der Sache entstehen, einer Sache, die sich womöglich einem Verstehen zunächst entzieht. Hier entsteht eine große Nähe zur Schülervorstellungsforschung, die ja recht gut nachzeichnet, wie widerständig sich die Lerngegenstände/Konzepte der Physik für Lernende erweisen können. Darüber hinaus könnten Bildungsprozesse aber auch durch die Begegnung und Auseinandersetzung mit Personen ausgelöst werden, die einem realiter als Lehrpersonen und Mitlernende oder auch nur imaginiert als Wissenschaftlerinnen oder Personen, die sich beruflich mit Physik beschäftigen, begegnen. Und schließlich kann auch die Begegnung mit den Erkenntnis- und Arbeitsmethoden des Faches Anlass für Krisen und deren biographische Bewältigung sein.

Eine Voraussetzung für die Anregung von Bildungsprozessen besteht darin, dass die Subjekte einen (für sie selbst einsehbaren) Sinn in den naturwissenschaftlichen Inhalten oder Zusammenhängen erkennen. Damit wird deutlich, dass es die individuelle und subjektive Auseinandersetzung mit der Physik ist, die Bildungsprozesse konstituiert und dadurch in den Blick gerät. Wie setzen sich Menschen als ganze Person mit und zu Physik ins Verhältnis? Dieser Kernfrage kann aus der Perspektive von Identitätsaushandlungen nachgegangen werden, wie im Folgenden noch darzustellen ist. Formelhaft verdichtet kann also Bildung verstanden werden als Prozess der Transformation grundlegender Figuren des Welt- und Selbstverhältnisses in Auseinandersetzung mit Krisenerfahrungen, die die etablierten Figuren bisheriger Welt und Selbstbezüge in Frage stellen (vgl. Koller, 2012b, p. 16). Oder noch komprimierter formuliert: Bildung formt und verändert den ganzen Menschen (vgl. Lechte, 2008, S. 17ff.)

Was ergibt sich für Forschung, die dem so umrissenen transformatorisch gelagerten Bildungsbegriff folgt (vgl. zur Übersicht Tab. 1)? Wenn als Ziel von Bildung die Subjektwerdung (die in gewisser Weise der Perspektive der individuellen Bedürfnisse zugeordnet werden kann) gesetzt ist, dann ergibt sich für grundlagentheoretisch so verortete Forschung, dass das Individuum als zu verstehendes Subjekt – und hier steht das Subjekt absichtsvoll im Singular – zu betrachten ist. Es müsste also danach gefragt werden, wie sich die Subjektwerdung von Heranwachsenden im Spannungsfeld zwischen gesellschaftlichen Angeboten und Anforderungen vollzieht, wie sich Identitäten und Kompetenzen mit Blick auf Physik biographisch entwickeln (vgl. Lechte, 2008, S. 19).

Das hat methodologische Konsequenzen, weil damit eher einer kasuistischen Logik, einer Logik des Fallverstehens zu folgen ist, die eine breite und tiefgehende Analyse weniger Fälle erlaubt. Voraussetzung ist, dass möglichst reichhaltige, wenig vorgefilterte Daten vorliegen, wie es beispielsweise bei Interviews oder der Dokumentation authentischer Interaktionen der Fall ist. Solchermaßen gewonnene Daten können dann zwar inhaltsanalytisch gesichtet werden, ein tiefergehendes Fallverstehen wird aber wohl erst durch rekonstruktiv oder hermeneutisch gelagerte Methoden möglich, sei es über Narrationsanalysen, mittels der dokumentarischen Methode oder durch objektiv-hermeneutische Zugänge.

Forschungsprojekte, die einem solchen Ansatz folgen, wären kein Ersatz für Studien, die primär auf Kompetenzmessung abzielen, sondern eine notwendige Ergänzung. Mit der Bezugnahme auf einen umfassenderen Bildungsbegriff könnte man die Subjektperspektive (wieder) ernster nehmen und fragen, wie eigentlich die Prozesse aussehen, die dazu führen, dass Naturwissenschaften und insbesondere die Physik bei Heranwachsenden einen so schwierigen Stand haben. Dabei verbirgt sich hinter dem schwierigen Verhältnis zu den Naturwissenschaften nicht pauschale Ablehnung, sondern es liegen ihm oft sehr komplexe Aushandlungen zugrunde. Die Bildungssubjekte würden mit dem angedeuteten Perspektivwechsel stärker als am Bildungsprozess maßgeblich Beteiligte (oder auch von ihm Betroffene) in den Blick geraten, die ihren eigenen Bildungsprozess mehr oder weniger bewusst, aber maßgeblich mitgestalten.

### **Bildungswegentscheidungen**

In beiden dargestellten Zugängen zum Bildungsbegriff, man könnte auch sagen Paradigmen, können sogenannte Bildungswegentscheidungen einen wichtigen Bezugspunkt darstellen. Gemeint sind dabei mit Bildungswegentscheidungen solche Momente oder eher Phasen während der Schulzeit, während Ausbildung oder Studium, in denen sich Heranwachsende dazu positionieren, ob und in welcher Weise sie sich weiter mit Naturwissenschaften auseinandersetzen wollen. An ihnen ließe sich aus funktionaler Perspektive prüfen, ob Bildungsprozesse im Bereich der Naturwissenschaften in dem Sinne erfolgreich verlaufen, dass Heranwachsende berufliche Teilhabe in den Naturwissenschaften als Option für sich wahrnehmen. Aus transformatorischer Perspektive lassen sich Bildungswegentscheidungen hingegen eher als ein Aspekt von Subjektwerdung verstehen. So lassen sich im Rahmen der Bildungsgangtheorie Bildungswegentscheidungen auch als eine Entwicklungsaufgabe auffassen, der sich alle Heranwachsenden irgendwann stellen müssen, wobei unter Entwicklungsaufgaben biographisch bedeutsame Anforderungen und Themen zu verstehen sind, die sich allen Menschen zu bestimmten Zeiten ihres Lebens unhintergebar aufdrängen, wie Hericks (vgl. 1993, S. 51) formuliert.

Eine Kurzzusammenfassung der Befundlage zu Bildungswegentscheidungen zur Physik könnte in etwa folgendermaßen lauten: Jugendliche halten Naturwissenschaften zwar für interessant und auch für gesellschaftlich relevant, aber wenn es um die eigene Person geht und um die Frage, ob und wie sie in ihrem zukünftigen Leben (beruflich) mit Physik zu tun haben wollen, dann heißt es: Nichts für mich! (vgl. Archer et al., 2010). Daraus ergibt sich aus funktionaler Perspektive als Problemlage ein – zumindest wahrgenommener – Nachwuchsmangel in naturwissenschaftlichen, insbesondere physikalischen und technischen Studiengängen und Berufsfeldern. Ob dieser Mangel in den naturwissenschaftlichen Berufsfeldern tatsächlich in größerem Ausmaß als in anderen Bereichen besteht, wäre dabei kritisch zu hinterfragen, aber die Vielzahl der Initiativen im MINT-Bereich spricht dafür, dass ein Mangel zumindest empfunden wird. Ausdruck findet er zum Beispiel im Wahlverhalten für Physik in der Oberstufe, in den manchmal fast verzweifelt anmutenden Versuchen der Anwerbung von Studienanfängern oder in der Problematik des drop outs. Aus transformatorischer Perspektive bietet sich als Erklärungsansatz für diese Situation, der aber weiter auszuschärfen wäre, an, dass viele

Heranwachsende Physik bzw. Naturwissenschaften nicht so weit mit ihrer eigenen Person verknüpfen und positiv ins Verhältnis setzen können, dass sie entsprechende Studiengänge oder Berufsfelder aufsuchen und in ihnen verbleiben.

Bisher werden Bildungswegentscheidungen hauptsächlich mit theoretischen Zugängen beforscht, die in ihrer Forschungslogik und -methodologie ähnlich gelagert sind wie die PISA-Studien, nämlich überwiegend quantitativ-empirisch. Es wird beispielsweise Bezug genommen auf die sozialkognitive Theorie, in der Entscheidungen als Ergebnis von Interessen und Überzeugungen aufgefasst werden, die sich auf die eigene Person beziehen (Bandura, 1997) und auf das Erwartungs-mal-Wert-Modell (Eccles & Wigfield, 2002). Drei zentrale Kritikpunkte bzw. Hinweise auf Begrenzungen bisheriger Forschungsansätze zu Bildungswegentscheidungen seien an dieser Stelle genannt (vgl. Bøe & Henriksen, 2015; Bøe, Henriksen, Lyons, & Schreiner, 2011; Stokking, 2000): Erstens wird auf die mangelnde Sensitivität der Modellierungen für soziale Faktoren und äußere Rahmenbedingungen hingewiesen. Dass so etwas wie Zufall eine Rolle bei Bildungswegentscheidungen spielen kann, wird nicht berücksichtigt. Zweitens wird der Entscheidungsprozess tendenziell als ein rational gelagerter und damit von außen nachvollziehbarer aufgefasst. Und damit ist auch schon eine dritte Limitation angedeutet: Dass nämlich die Prozesshaftigkeit der Entscheidungen nicht sichtbar wird, insbesondere, weil auch hier kaum längsschnittlich untersucht wird, sondern Befragungen in der Regel nur zu einem Zeitpunkt stattfinden. Hinzufügen ließe sich, dass auch in den hier angesprochenen Modellierungen die individuelle Perspektive der Subjekte zu ihren Bildungswegentscheidungen nur sehr begrenzt hinsichtlich vorher festgelegter Faktoren eingeholt wird.

Diesen Kritikpunkten liegen Annahmen zugrunde, wie Bildungswegentscheidungen zustande kommen, die noch mal expliziert werden sollen. Zunächst ist davon auszugehen, dass es sich um Entscheidungsprozesse handelt, die sehr komplex sind und sich über lange Zeiträume erstrecken (Holmegaard, Ulriksen, & Madsen, 2012; Regan & DeWitt, 2015). Dabei ist der eigentliche Zeitpunkt einer Entscheidung gar nicht immer auszumachen oder es gibt diesen einen Zeitpunkt gar nicht. Typischerweise wird in Forschungsprojekten allerdings der Moment einer von außen wahrnehmbaren, handlungsrelevanten Entscheidung angeschaut, also zum Beispiel die Entscheidung für einen Oberstufenkurs oder einen Studiengang. Forschungsergebnisse zeigen aber, dass sich zum einen Entscheidungen über einen längeren Zeitraum anbahnen, ohne notwendigerweise bewusst zu sein oder thematisiert zu werden und zum anderen nach einer geäußerten Wahl (*Ich studiere Physik!*) der Entscheidungsprozess nicht abgeschlossen ist (*Studiere ich weiter? Mit welchem Ziel? Breche ich mein Studium ab?*). Dieses Merkmal der Prozesshaftigkeit soll anhand eines Interviewausschnitts verdeutlicht werden. Das im Folgenden noch mehrfach herangezogene Datenmaterial stammt aus dem Dissertationsprojekt von Freja Kressdorf (vgl. deren Beitrag in diesem Band), das im Kontext von Schülerinnen-Akademien im BMBF-Projekt HelpING durchgeführt wird. Die Akademien selbst zielen auf eine Berufsorientierung junger Frauen im MINT-Bereich ab. Das Interview wurde zu Beginn einer Akademie durchgeführt und anschließend transkribiert. Der Zugriff auf dieses Transkript ist in diesem Beitrag noch rein impressionistisch gelagert und dient der Illustration. Eine systematische, methodisch saubere Interpretation steht also noch aus. Interviewt wird die 16-jährige Sophie:

I: Und in dem was dich so interessiert, spielt Physik da auch eine Rolle?

S: Äh ich mach halt das was ich in der Schule mach, mach ich sehr gern. Ähm. Ich hätt auch gern vierstündig aber ich hab=s nicht, und das bereu ich @irgendwie@ und ähm (2) ja

I: Also du hättest die Wahl gehabt dich für ein vierstündigen Physikkurs zu entscheiden?

S: Ja nur das Interesse is irgendwie erst dieses Jahr gekommen so richtig //ja// und ich dachte (.) ich würd im Abi schlechter abschneiden wenn ich Physik nehmen würde. Und dann hab ich @Kunst genommen@ und das ist schrecklich ähm @(. )@ ja. (Z.89-99)

Komplexität und Prozesshaftigkeit von Bildungswegentscheidungen zeigen sich bei Sophie in ihrem sich mit der Zeit verändernden Interesse an Physik einerseits, dem Abwägen von Konsequenzen dieser Entscheidungen andererseits und schließlich in der Rahmenbedingung, dass eine Kurswahl zu einem bestimmten Zeitpunkt getroffen werden musste – einem Zeitpunkt, der sich nicht als der günstigste für sie erweist. Sichtbar wird auch, dass mit der einmal getroffenen Kurswahl gegen Physik in einem Profilkurs nicht das Ende des Entscheidungsprozesses erreicht ist („das bereu ich irgendwie“). Zum Zeitpunkt des Interviews besteht für Sophie allerdings keine Möglichkeit zur Korrektur des eingeschlagenen Weges, erst nach dem Abitur wird wieder eine auch von außen wahrnehmbare Neupositionierung zur Physik möglich sein.

Ein wichtiger Faktor bei Bildungswegentscheidungen, dessen Wirkung aber nicht immer leicht auszumachen und zu erfassen ist, sind die sogenannten significant others, also Eltern, Familie, Lehrpersonen, die Peers oder auch Zufallsbekanntschaften. Diese fungieren als Vorbilder oder auch als Definierer dessen, was zum Beispiel unter Physik oder einer physikaffinen Person zu verstehen ist (Sjaastad, 2012). Ein weiterer Interviewausschnitt dient der Illustration:

I: Oder (.) siehst du dich vielleicht (.) gerade als nicht typische Physikerin?

S: Ja vielleicht. (.) Also vielleicht weil ich (.) ähm (.) weil ich so spät dazu gekommen bin weil irgendwie so (.) also alle meine Freunde die Physik vierstündig haben und die irgendwie drüber nachdenken damit was zu machen, ähm (2) haben (.) relativ (.) früh (.) sich dafür interessiert und sowas und das is bei mir irgendwie voll spät gekommen also vielleicht dadurch dass- dadurch dass dann von den n bisschen unterscheide aber. //mmh// Ja. (2) //mmh// Und vielleicht dadurch, dass mich noch (.) andere Sachen @interessieren@. Ich weiß nicht, ich hab, wobei, ne das stimmt gar nicht ähm. Weil ich war jetzt in, im XXX auf ner Orchesterfreizeit //ja// und da war ich in ner Gastfamilie und da war der Vater Physiker und der hatte n riesiges Allgemeinwissen, das war richtig beeindruckend, der hatte überall Bücher stehn, das war total spannend. Ähm //aha// und war auch n großer Musikfan das war echt. Ja. //kannst// Also das war echt beeindruckend. (Z. 611-624)

Sophie vergleicht sich hier im Interview zunächst mit Gleichaltrigen, die sich ebenfalls für Physik interessieren, um festzustellen, dass sie eher nicht einer typischen Physikerin entspricht, weil sie sich eben nicht schon immer für das Fach begeistert hat, sondern das „bei ihr irgendwie voll spät gekommen ist“, wie sie es formuliert. Allerdings ändert sich ihr Urteil „ne das stimmt gar nicht“, als sie eine weitere Referenzperson heranzieht, einen Physiker, dem sie eher zufällig begegnet ist und der einen großen Eindruck bei ihr hinterlässt. Im weiteren Interviewverlauf vergleicht sie sich auch noch selbst direkt mit diesem Physiker und findet Gemeinsamkeiten hinsichtlich Interessen und Kommunikationsverhalten, aus denen sie schließt, dass sie – Sophie – und die Physik doch ganz gut zusammenpassen.

Auch die institutionellen Bedingungen mit vorhandenen oder nicht vorhandenen Wahlmöglichkeiten (vgl. das Thema Kurswahl im Interview) und Zugangsbedingungen (Lyons & Quinn, 2010) zu beispielweise Schultypen (Bennett, Lubben, & Hampden-Thompson, 2013) oder die Ausgestaltung des Curriculums (Stokking, 2000) wirken sich auf Bildungswegentscheidungen aus.

Schließlich sind alle die Faktoren für Bildungswegentscheidungen von Relevanz, die dem Individuum zugeordnet werden wie Gender, Interessen, Ein- und Vorstellungen, Selbstwirksamkeitserwartungen. Nicht umsonst werden diese Konstrukte auch in den PISA-Studien herangezogen. Ob der Begriff „individuell“ ganz treffend ist, ließe sich allerdings in Frage stellen, wie sich anhand der folgenden Ausführungen noch zeigen wird, weil zumindest Gender, vielleicht aber auch weitere Konstrukte, die dem Individuum zugewiesen werden, auch als Produkt von Aushandlungsprozessen zwischen Individuum und Gesellschaft aufgefasst werden können. Und damit kommt das Identitätskonstrukt ins Spiel: Es ist davon auszugehen, dass Bildungswegentscheidungen wesentlich davon beeinflusst werden, wie Kinder und Jugendliche ihre Identität(en) im Verhältnis zu Physik aushandeln. Plakativ formuliert sind Entscheidungen über Bildungswege auch Identitätsentscheidungen, wobei in erster Annäherung und vorläufig unter Identität ein Art Selbstbild gefasst werden soll.

International ist diese Annahme schon gut beforscht, im deutschsprachigen Raum hingegen gibt es nur wenige fachdidaktische Arbeiten im Bereich der Naturwissenschaften, die sich des Identitätskonstrukts bedienen. Genannt seien an dieser Stelle aber die Arbeiten von Haak (2017) zur Studieneingangsphase, von Bartosch (2013), die mit einem psychoanalytisch gelagerten Identitätsbegriff arbeitet, und eine Studie aus der Bildungsgangforschung von Lechte (2008) zum Erleben von Physik aus Sicht von Schülerinnen und Schülern

Was mit Identitätsaushandlung gemeint ist, soll ebenfalls anhand eines Interviewausschnitts illustriert werden:

S: Aber ich glaub ich hab auch früher, also ich hab (.) äh::, das ist °ein bisschen kompliziert° weil ich ähm (.) dreisprachig aufgewachsen bin und dann dacht ich immer Sprachen sind meine St- Stärke weil das immer so das war was (.) mir halt extrem leicht gefallen ist //ja// wo ich gar nicht drüber nachdenken musste, s is halt irgendwie einfach immer gekomm //ja// und dann (.) dacht ich (.) also (.) das ist komisch aber ich @dachte@ immer dass ähm (2) ich glaub das hab ich unterbewusst gedacht dass ich (.) immer nur eine Stärke haben kann, also so ne richtige Stärke //aha// und dass der Rest hab ich das halt einfach n bisschen vernachlässigt //okay// ähm und hab mir gedacht s kann gar nicht sein dass ich da auch gut drin bin und dann hab ich gar nicht gemerkt dass ich noch was Anderes machen könnte. //ja// und auch Kunst ähm (.) weil mir das auch recht leicht fällt weil ich seit ich klein bin halt viel gezeichnet hab und so //mmh// und dann hab ich gar nicht an Naturwissenschaften gedacht also ich hab=s irgendwie komplett (Z. 114-130)

Rückblickend verhandelt Sophie hier, wer sie eigentlich ist bzw. wie sie sich früher gesehen hat. Angesichts ihrer eigenen Dreisprachigkeit ist sie selbst davon ausgegangen, dass ihr die Beschäftigung mit Sprache geradezu in die Wiege gelegt wurde. Gleichzeitig erschien ihr diese Vorstellung von sich selbst inkompatibel dazu, sich auch als naturwissenschaftsaffine und -begabte Person zu sehen. Sophies Verhältnis, ihre Positionierung zu Naturwissenschaften scheint also eng verknüpft zu sein mit ihrem Bild von sich selbst, das wiederum Veränderungen und Anpassungen durchläuft – ebenso wie übrigens ihr Bild von Physik.

Angesichts der angedeuteten Komplexität, der Prozesshaftigkeit und der besonderen Bedeutung der subjektiven Aushandlungsprozesse bei Bildungswegentscheidungen ist ein Zugang über die Identitätsperspektive vielversprechend. Mit ihr könnte man der Kontingenz von Bildungswegentscheidungen Genüge tun und vielleicht besser verstehen, wie sich diese Entscheidungsprozesse in der Wahrnehmung der Bildungssubjekte, der Heranwachsenden, darstellen. Ein Perspektivwechsel dahingehend, die Prozesse auf der Subjektseite besser verstehen zu wollen, deutet sich auch in Kapitel- und Buchüberschriften der internationalen Forschungscommunity an, in der in den letzten Jahren der Identitätsbegriff vermehrt auftaucht: „Understanding Student Participation and Choice in Science and Technology Education“ (Henriksen, Dillon, & Ryder, 2015), „Understanding Young People’s Science Aspirations. How students form ideas about ‚becoming a scientist.‘“ (Archer & DeWitt, 2017) oder „Identity Research as a tool for developing a feeling for the learner“ (Varelas, 2012). Die Formulierungen zeigen, dass es um das „Verstehen“ der Lernenden und ihrer Bildungswegentscheidungen geht und darum „ein Gefühl für die Lernenden“ zu entwickeln.

### Das Identitätskonstrukt

Obwohl der Begriff Identität bisher nicht definitorisch scharf umgrenzt wurde, ist davon auszugehen, dass jede\*r Leser\*in dennoch eine Vorstellung mit ihm verknüpfen konnte. Das deutet darauf hin, dass es sich bei Identität zunächst mal um einen sehr großen, umfassenden Begriff, man könnte auch sagen „Containerbegriff“, handelt. In einer Forschungslogik, die auf scharf operationalisierbare Konstrukte angewiesen ist (vgl. die Ausführungen zur PISA-Studie), wäre das natürlich problematisch.

In einer ersten Annäherung lässt sich Identität definieren als die Vorstellungen und das Wissen von Individuen über sich selbst, die zumeist mit dem Gefühl von Kohärenz, Kontinuität bzw. Stabilität und Unterscheidbarkeit von anderen einhergehen (Lee, 2012; Morf & Koole, 2014). Allerdings handelt es sich bei Identität nicht um eine dem Individuum inhärente und eine in sich kohärente Eigenschaft einer Person. Vielmehr entsteht Identität als Ergebnis von Konstruktionsprozessen, die in Wechselwirkung mit anderen Personen, der Gesellschaft und den äußeren Rahmenbedingungen stattfinden (Archer et al., 2010; Archer & DeWitt, 2015; Regan & DeWitt, 2015; Smith & Sparkes, 2008). Deshalb wird auch von Kokonstruktionen gesprochen, womit betont wird, dass Identitäten nicht unabhängig von der Umwelt hergestellt werden, sondern in Wechselwirkung mit sozialen, historischen, politischen und kulturellen Kontexten. Identitäten werden ausgehandelt mit Blick auf Bilder von Physik, in Interaktionen mit Peers oder im Elternhaus. Deshalb erscheint es sinnvoll, auch bei einzelnen Personen von Identitäten im Plural zu sprechen. In einer einzelnen Person könnte sich beispielsweise neben einer Genderidentität eine Identität mit Bezug zu Physik finden lassen. Identitäten werden demnach aktiv hergestellt und sind dabei nicht notwendigerweise unveränderlich und stabil, sondern müssen immer wieder neu ausgehandelt werden. Die Idee der Aushandlung und aktiven Herstellung von Identität drückt sich auch in dem Begriff der Identitätsarbeit aus. Es sind dann Prozesse der Introspektion, der Selbstreflexion, soziale Vergleiche und soziale Interaktionen, in denen sich Identitäten manifestieren (Archer & DeWitt, 2015; Morf & Koole, 2014; Sjaastad, 2012). Identität wird insofern zu einer dynamischen, vielleicht fluiden Größe, als sie potentiell ständig Veränderungen unterliegt. Auch der damit beschriebene Aushandlungscharakter wird in dem Interview mit Sophie sichtbar:

I:[...] Aber (2) ich frag mich also wie stellst du den Physiker für gewöhnlich vor? (.) Kannst du das noch einmal beschreiben?  
 S: (6) Ähmm (3) Mhm. (2) Also eher ruhig. Äh::: (2) was ich bemerkt hab ist auch, dass viele so n bisschen auf der sozialen Seite °schwächeln°. Was bei mir auch der Fall ist, deswegen ist das okay@. ähm (6) mhm::: (3) //mmh// (2) jua (Z. 432-443)

Eigentlich wird Sophie hier lediglich nach ihrer Vorstellung von Physikern gefragt – nicht danach, wie sie sich selbst sieht. Sie setzt aber von selbst zu einem Abgleich ihrer eigenen Person mit vorgestellten Physikern an und stellt fest, dass sie sich selbst auch als eher ruhig und auf der sozialen Seite schwächelnd sieht, wie sie es Physikern unterstellt.

Trotz allen Aushandelns bleiben Kontinuität und Kohärenz wichtige Merkmale von Identität. Herausfordernd ist dabei, Individualität und Gruppenzugehörigkeit gegeneinander auszubalancieren und Identität(en) als stabil trotz Veränderung immer wieder neu herzustellen. Während die Stabilität sicherstellt, dass kein pathologischer Zerfall von Identität(en) innerhalb einer Person stattfindet, verweist die Veränderung auf notwendige Anpassungen von Identität(en) in biographischen Entwicklungsprozessen und auf die Koexistenz von verschiedenen Identitäten (Shanahan, 2009).

Mit der Auffassung von Identität als performativem Akt entsteht eine große Nähe zu dem Begriff des Selbstverhältnisses, der in der transformatorischen Bildungstheorie zentral ist. Wenn es bei Koller heißt, dass „sich Selbstverhältnisse nicht unabhängig vom Verhältnis zu anderen (und zur Welt) erfassen [lassen] , sondern eingebunden [sind] in ein Geflecht aus Anderen- und Weltbezügen“ (Koller, 2012a, S. 43), dann lässt sich das direkt auf Identität übertragen denken.

Wie verhält sich Identität zu anderen Konstrukten der Interessen- und Motivationsforschung? Mehr als ein erster Klärungsversuch (vgl. auch Rabe & Krey, 2018) kann an dieser Stelle nicht unternommen werden, aber dieser Frage theoretisch genauer und fundierter nachzugehen, ist eine Aufgabe, die noch zu leisten wäre. Zunächst scheinen die klassischen motivationalen Konstrukte untereinander eine gewisse Passfähigkeit aufzuweisen, sie sind eher psychologisch geprägt und überschneiden sich in ihren theoretischen Grundlagen. Herangezogen werden diese Konstrukte eher in quantitativ-empirisch ausgerichteten Forschungsprojekten. Im Vergleich dazu kann Identität auf einer umfassenderen, allgemeineren Ebene verortet werden, die solche Konstrukte wie Selbstkonzept oder Interessen zwar umfasst, ohne dass Identität in diesen vollständig aufgeht. Mit Identität wird der Blick über die psychologischen Konstrukte hinaus geweitet und um soziologische Perspektiven ergänzt. Der veränderten Perspektive korrespondiert dann auch ein eher qualitativ-empirischer Zugriff.

Dass dieser methodologisch anders gelagerte Zugang nicht beliebig oder willkürlich ist, sondern seiner Gegenstandstheorie entspricht, zeigt ein Blick auf die narrative Konzeption von Identitätsarbeit. Demnach konstruieren Menschen „Selbstnarrative, um den Ereignissen, die sie erleben, einen Sinn zu geben, um ihre Ziele zu integrieren, um einem Konflikt einen Sinn zu geben und um zu erklären, warum sie sich mit der Zeit verändern“ (Morf & Koole, 2014, S. 151; vgl. auch Lucius-Hoene & Deppermann, 2002). Identität als performativer Akt findet demnach im Medium der Sprache statt, über sprachliche Kommunikation werden Identitäten entworfen, dargestellt, ausgehandelt, zurückgewiesen, bestätigt (Lucius-Hoene & Deppermann (2004).

### **Genderidentitäten**

Im Zusammenhang mit individuellen Einflüssen auf Bildungswegentscheidungen wurde Gender bereits als eine mögliche Einflussgröße genannt und angedeutet, dass sich Gender nicht einfach als individuelle, stabile Eigenschaft eines Individuums darstellen lässt - eine Auffassung, die auch mit dem Begriff des doing gender verknüpft ist. Genderidentität stellt eine sowohl für das Individuum als auch für die Gesellschaft zentrale Identität dar, die ebenfalls in einer soziokulturell überformten performativen Praxis immer wieder neu hergestellt wird



(Allegrini, 2015; Archer et al., 2013). Mit einer solchen Auffassung lassen sich biologistische und vor allem auch dichotomisierende Umgangsweisen mit Geschlechterfragen vermeiden oder zumindest abmildern, was bei einer einfachen Abfrage männlich/ weiblich (vgl. die Anmerkung zu den PISA-Studien) nicht möglich ist. Prekär für Bildungsprozesse und Bildungswegentscheidungen in den Naturwissenschaften wird Gender, wenn die Wahrnehmung von Physik bzw. typischen Physikidentitäten in Konflikt steht mit den gängigen und/oder erwünschten Geschlechtsidentitäten (Bøe et al., 2011). Auch das lässt sich in dem Interview mit Sophie erkennen:

I: [...] spielt es eine Rolle (.) dass du eine Frau bist wenn du an dein Verhältnis zur Physik denkst  
 S: Ich denk nicht @(. )@ also (3) ich glaub nicht.  
 I: mhm?  
 S: ich glaub das ist. Ähm:: (2) ah doch vielleicht. äh. also was ich überlegt hab äh is einfach dass es sein kann dass ich so spät zur Physik gekommen bin weil wenig Mädchen drüber nachdenken irgendwie was Naturwissenschaftliches zu machen und ähm man kriegt es auch von seinen Freunden immer so mit öh ja neh ich mach jetzt Sprachen und keine Ahnung //ja// das war auch damals ich glaub eine der Gründe wieso ich Spanisch genommen hab und nicht ähm NWT. (Z. 611-624)

### **Forschungsbefunde zu Bildungswegentscheidungen unter der Perspektive von Identität**

Hauptsächlich aus dem internationalen Raum liegen bereits Befunde vor, die auf Identitätsaushandlungen mit Bezug auf Naturwissenschaften rekurrieren. Gleichzeitig können sie in ihrem Umfang das Feld noch nicht befriedigend beschreiben und sollten vor allem nicht ohne weiteres auf andere soziokulturelle Räume/Felder übertragen werden. „They are what they choose“ (Loeken, 2015, S. 291) – diese Aussage fasst die Befunde knapp zusammen, die hier nur kurz gestreift werden sollen (ausführlicher bei Rabe & Krey, 2018). Eine ganze Reihe von Studien kann inzwischen zeigen, dass Identitäten oder mit ihnen zusammenhängende Konstrukte das Wahlverhalten und die Persistenz bezüglich naturwissenschaftlicher Bildungswege beeinflussen (vgl. u.a. Archer et al., 2010; Carlone, Scott, & Lowder, 2014; Cleaves, 2005; Hsu, Roth, Marshall, & Guenette, 2009; Stokking, 2000). Außerdem gilt Physik als männlich, schwierig, fremdbestimmt, starr und Personen, die physiknahe Bildungs- oder Berufswege einschlagen, werden als besonders intelligent, begabt, aber auch wenig sozial und „nerdig“ assoziiert (vgl. u.a. Allegrini, 2015; Archer et al., 2010, 2013; DeWitt, Archer, & Osborne, 2013; Kessels, Rau, & Hannover, 2006). Pointiert zusammengefasst zeigt sich eine gewisse Inkompatibilität zwischen Physikbildern einerseits und Selbstbildern von Heranwachsenden andererseits. Diese Passung scheint in der Wahrnehmung von Mädchen besonders wenig ausgeprägt zu sein und während der Pubertät problematische Verläufe anzunehmen.

### **Methodischer Zugang zu Identität**

Ebenfalls nur kurz soll die Frage berührt werden, wie Identitätsarbeit zugänglich werden kann. Es liegt nahe, dass ein rein quantitativer Zugang über psychologisch geprägte Konstrukte wie Einstellungen oder Interessen dem Identitätskonstrukt, wie es hier gefasst wurde, methodologisch nicht hinreichend entspricht. Zwar geraten damit Facetten bzw. einzelne Indikatoren für mögliche Fachidentitäten in den Blick, dem Aushandlungscharakter und der Prozesshaftigkeit wird aber keine Genüge getan. Insofern entspricht ein qualitativer Zugang stärker dem Untersuchungsgegenstand, wenn man sich mit Identitätsarbeit zur Physik oder den Naturwissenschaften beschäftigen möchte. Entsprechende Daten können durch narrativ angelegte Interviews erhoben werden, die darauf zielen, die Interviewpartner zu autobiographischen Erzählungen anzuregen. Im Anschluss reicht es dann allerdings nicht aus, diese Interviews rein inhaltsanalytisch auszuwerten. Vielmehr ist der analytische Blick auch auf das Wie der Herstellung und Aushandlung von Identität zu richten. Es wäre also zu rekonstruieren, auf welche

Art und Weise Identitätsarbeit zur Physik sprachlich in narrativen, aber auch in argumentativen Sprachhandlungen geleistet wird (Lucius-Hoene & Deppermann, 2002). Dabei werden solche Narrative nicht als Wiedergabe von Realität, sondern als sozialer und situierter Herstellungsprozess von Identität betrachtet, als ein Prozess, der retrospektiv geleistet wird und sich insofern über die Zeit auch ändern kann. Deshalb sind auch längsschnittlich angelegte Untersuchungen wünschenswert, in denen Identitätsaushandlungen zur Physik über größere Zeiträume begleitet und beschrieben werden können, wobei mit solchen Designs einhergeht, dass die Fallzahlen erst einmal gering bleiben. So angelegte Studien ermöglichen, dass die Analyseperspektive auf Identität nicht vorschnell reduziert wird und die Subjektperspektive auf Bildungswegentscheidungen und Bildungsprozesse zugänglich und verständlicher wird.

Für Aushandlungsprozesse zur Physik erscheint ein Fokus auf Übergangsphasen, also beispielsweise den Start in den Anfangsunterricht Physik, den Wechsel in die Sekundarstufe II, Übergänge zur Ausbildung oder zum Studium oder auch die Studieneingangsphase besonders interessant, um zu verstehen, wie Identitätsarbeit in Relation zur Physik ausgestaltet wird. So soll beispielsweise im Kontext des oben erwähnten HelpING-Projekts untersucht werden, wie naturwissenschaftlich interessierte junge Frauen ihre Bildungswegentscheidungen in der Phase des Übergangs von der Schule in den folgenden Bildungsabschnitt hinein bearbeiten. Unter Rückgriff auf die Identitätsperspektive wird versucht, sich (in der Begrifflichkeit der transformatorischen Bildungstheorie) einem Aspekt der Subjektwerdung qualitativ anzunähern. Angedacht ist außerdem eine längsschnittliche Interviewstudie ab der 5. Klasse, um besser zu verstehen, wie sich Kinder in diesem Alter und dieser Phase zur Physik in Beziehung setzen.

### **Zusammenfassung und Diskussion**

Mit diesem Beitrag wurde der Annahme nachgegangen, dass sich mit dem Rückgriff auf das Identitätskonstrukt der Blick auf Bildungsprozesse von Heranwachsenden dahingehend ändert, dass diese stärker als individuelle Subjekte, die sich gewissermaßen als ganze Person ins Verhältnis setzen zu Physik bzw. Naturwissenschaften, sichtbar und ernst genommen werden. Damit verbindet sich die Hoffnung, dass die Komplexität und Prozesshaftigkeit der Auseinandersetzung mit Physik und somit auch die Bereitschaft zur gesellschaftlichen und beruflichen Teilhabe sichtbar und vielleicht besser verstanden werden kann. Gleichwohl sind auch Desiderata erkennbar geworden, die abschließend kurz genannt werden sollen. Es besteht weiterhin Bedarf an einer Ausschärfung des Identitätsbegriffs, an seiner Abgrenzung bzw. Relationierung zu benachbarten, psychologisch geprägten Konstrukten. In diesem Zusammenhang wäre auch zu klären, wie sich die Konzeption narrativer Identität zu weiteren Denkschulen (beispielsweise zum Habitus-Begriff in Anlehnung an Bourdieu) und zu aus diesen abgeleiteten methodologischen Zugriffen verhält.

## Literatur

- Allegrini, A. (2015). Gender, STEM Studies and Educational Choices. Insights from Feminist Perspectives. In E. K. Henriksen, J. Dillon, & J. Ryder (Eds.), *Understanding student participation and choice in science and technology education* (43–59). Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
- Archer, L., & DeWitt, J. (2015). Science Aspirations and Gender Identity: Lessons from the ASPIRES Project. In E. K. Henriksen, J. Dillon, & J. Ryder (Eds.), *Understanding student participation and choice in science and technology education* (89–102). Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
- Archer, L., & DeWitt, J. (2017). *Understanding Young People's Science Aspirations. How students form ideas about "becoming a scientist."* New York: Routledge.
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). "Doing" science versus "being" a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, 94(4), 617–639. <https://doi.org/10.1002/sce.20399>
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2013). "Not girly, not sexy, not glamorous": primary school girls' and parents' constructions of science aspirations. *Pedagogy, Culture & Society*, 21(1), 171–194. <https://doi.org/10.1080/14681366.2012.748676>
- Bandura, A. (1997). *Self-Efficacy. The Exercise of Control*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Bartosch, I. (2013). *Entwicklung weiblicher Geschlechtsidentität und Lernen von Physik – ein Widerspruch?* Münster: Waxmann Verlag.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hampden-Thompson, G. (2013). Schools That Make a Difference to Post-Compulsory Uptake of Physical Science Subjects: Some comparative case studies in England. *International Journal of Science Education*, 35(4), 663–689. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.641131>
- Bøe, M. V., & Henriksen, E. K. (2015). Expectancy-Value Perspectives on Choice of Science and Technology Education in Late-Modern-Societies. In E. K. Henriksen, J. Dillon, & J. Ryder (Eds.), *Understanding student participation and choice in science and technology education* (17–29). Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
- Bøe, M. V., Henriksen, E. K., Lyons, T., & Schreiner, C. (2011). Participation in science and technology: young people's achievement-related choices in late-modern societies. *Studies in Science Education*, 47(1), 37–72. <https://doi.org/10.1080/03057267.2011.549621>
- Carlone, H. B., Scott, C. M., & Lowder, C. (2014). Becoming (less) scientific: A longitudinal study of students' identity work from elementary to middle school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 836–869. <https://doi.org/10.1002/tea.21150>
- Cleaves, A. (2005). The formation of science choices in secondary school. *International Journal of Science Education*, 27(4), 471–486. <https://doi.org/10.1080/0950069042000323746>
- Combe, A., & Gebhard, U. (2007). *Sinn und Erfahrung. Zum Verständnis fachlicher Lernprozesse in der Schule* (Studien zu). Opladen u. Farmington Hills: Verlag Barbara Budrich.
- DeWitt, J., Archer, L., & Osborne, J. (2013). Nerdy, Brainy and Normal: Children's and Parents' Constructions of Those Who Are Highly Engaged with Science. *Research in Science Education*, 43(4), 1455–1476. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9315-0>
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational Beliefs, Values, and Goals. *Annual Review of Psychology*, 53, 109–132.
- Fischler, H., Gebhard, U., & Rehm, M. (2018). Naturwissenschaftliche Bildung und Scientific Literacy. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Theorien der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (11–27). Springer.
- Gräber, W., & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy - Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Eds.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (7–20). Opladen: Leske + Budrich.
- Haak, I. (2017). *Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase*. Berlin: Logos Verlag.
- Henriksen, E. K., Dillon, J., & Ryder, J. (Eds.). (2015). *Understanding Student Participation and Choice in Science and Technology Education*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
- Hericks, U. (1993). *Über das Verstehen von Physik. Physikalische Theoriebildung bei Schülern der Sekundarstufe II*. Münster, New York: Waxmann Verlag.
- Hericks, U. (2004). Grundbildung, Allgemeinbildung und Fachunterricht. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 7(2), 192–206. <https://doi.org/10.1007/s11618-004-0021-1>
- Holmegaard, H. T., Ulriksen, L. M., & Madsen, L. M. (2012). The Process of Choosing What to Study: A Longitudinal Study of Upper Secondary Students' Identity Work When Choosing Higher Education. *Scandinavian Journal of Educational Research*, (October 2013), 1–20. <https://doi.org/10.1080/00313831.2012.696212>
- Hsu, P.-L. L., Roth, W.-M. M., Marshall, A., & Guenette, F. (2009). To be or not to be? Discursive resources for (Dis-)identifying with science-related careers. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(10),

- 1114–1136. <https://doi.org/10.1002/tea.20352>
- Jung, W. (1991). Begründung und Zielsetzung des Physikunterrichts. In W. Bleichroth, H. Dahnke, W. Jung, W. Kuhn, G. Merzyn, & K. Weltner (Eds.), *Fachdidaktik Physik* (13–57). Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Kessels, U., Rau, M., & Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. *The British Journal of Educational Psychology*, 76, 761–780. <https://doi.org/10.1348/000709905X59961>
- Koller, H.-C. (2012a). *Bildung anders denken. Einführung in die Theorie transformatorischer Bildungsprozesse*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Koller, H.-C. (2012b). Grenzsicherung oder Wandel durch Annäherung? Zum Spannungsverhältnis zwischen Bildungstheorie und empirischer Bildungsforschung. *Zeitschrift Für Pädagogik*, 58(1), 6–21.
- Lechte, M.-A. (2008). *Sinnbezüge, Interesse und Physik. Eine empirische Untersuchung zum Erleben von Physik aus Sicht von Schülerinnen und Schülern*. Opladen u. Farmington Hills: Verlag Barbara Budrich.
- Lee, Y.-L. (2012). Identity-Based Research in Science Education. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (35–45). Springer International Handbook of Science Education. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7>
- Loeken, M. (2015). When Research Challenges Gender Stereotypes: Exploring Narratives of Girl's Educational Choices. In E. K. Henriksen, J. Dillon, & J. Ryder (Eds.), *Understanding student participation and choice in science and technology education* (277–295). Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
- Lucius-Hoene, G., & Deppermann, A. (2002). *Rekonstruktion narrativer Identität*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Lyons, T., & Quinn, F. (2010). *Understanding the declines in senior high school science enrolments*. University of New England. Retrieved from <http://www.uned.edu.au/simerr/pages/projects/131choosingscience.pdf>
- Messner, R. (2016). Bildungsforschung und Bildungstheorie nach PISA - ein schwieriges Verhältnis. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 19(Sonderheft 31), 23–44.
- Morf, C. C., & Koole, S. L. (2014). Das Selbst. In K. Jonas, W. Stroebe, & M. Hewstone (Eds.), *Sozialpsychologie* (141–195). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Oelkers, J. (2002). "Wissenschaftliche Bildung": Einige notwendige Verunsicherungen in beiden Richtungen. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Eds.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (105–120). Opladen: Leske + Budrich.
- Rabe, T., & Krey, O. (2018). Identitätskonstruktionen von Kindern und Jugendlichen in Bezug auf Physik - Das Identitätskonstrukt als Analyseperspektive für die Physikdidaktik? *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, online fir. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0083-x>
- Regan, E., & DeWitt, J. (2015). Attitudes, Interest and Factors Influencing STEM Enrolment Behaviour: An Overview of Relevant Literatur. In E. K. Henriksen, J. Dillon, & J. Ryder (Eds.), *Understanding student participation and choice in science and technology education* (63–88). Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
- Sälzer, C., & Reiss, K. (2016). PISA 2015 - die aktuelle Studie. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme, & O. Köller (Eds.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (13–44). Münster, New York: Waxmann.
- Schiepe-Tiska, A., Simm, I., & Schmidtner, S. (2016). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme, & O. Köller (Eds.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (99–132). Münster, New York: Waxmann.
- Shanahan, M.-C. (2009). Identity in science learning: exploring the attention given to agency and structure in studies of identity. *Studies in Science Education*, 45(1), 43–64. <https://doi.org/10.1080/03057260802681847>
- Sjaastad, J. (2012). Sources of Inspiration: The role of significant persons in young people's choice of science in higher education. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1615–1636. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.617935>
- Smith, B., & Sparkes, A. C. (2008). Contrasting perspectives on narrating selves and identities: an invitation to dialogue. *Qualitative Research*, 8(1), 5–35. <https://doi.org/10.1177/1468794107085221>
- Stokking, K. M. (2000). Predicting the choice of physics in secondary education. *International Journal of Science Education*, 22(12), 1261–1283. <https://doi.org/10.1080/095006900750036253>
- Varelas, M. (2012). Identity research as a tool for developing a feeling for the learner. In M. Varelas (Ed.), *Identity Construction and Science Education Research. Learning, Teaching, and Being in Multiple Contexts* (1–6). Rotterdam: Sense Publishers.

Prof. Dr. Heiko Krabbe,  
Prof. Dr. Hendrik Härtig,  
Prof. Dr. Bernd Ralle

Ruhr-Universität Bochum,  
Universität Duisburg-Essen,  
TU Dortmund

## **Bericht von der 1. Interdisziplinäre Schwerpunkttagung „Sprache in naturwissenschaftlichen Lehr-Lernprozessen“**

### **Einleitung**

Am 2. und 3. März 2018 fand an der Ruhr-Universität Bochum die 1. interdisziplinäre Schwerpunkttagung „Sprache in naturwissenschaftlichen Lehr-Lernprozessen“ statt.

Die als GDGP-Schwerpunkttagung organisierte Konferenz hatte zum Ziel,

- einen Überblick über aktuelle Arbeiten zur Rolle der Sprache in mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehr-Lernprozessen zu gewinnen und
- Bezugspunkte zu anderen Disziplinen offenzulegen, um daraus interdisziplinäre Ansätze zu entwickeln.

Teilgenommen haben insgesamt 59 Kolleginnen und Kollegen aus der Anglistik (CLIL) (1), den Bildungswissenschaften/der Pädagogik (3), der Biologiedidaktik (1), der Chemiedidaktik (4), der Deutschdidaktik bzw. dem Bereich DaZ/DaF (24), dem Bereich Grundschulpädagogik/Sachunterricht (4), der Mathematikdidaktik (7) und der Physik- bzw. Technikdidaktik (15). Organisiert wurde die Tagung von Prof. Dr. Hendrik Härtig (Didaktik der Physik, Universität Duisburg-Essen), Prof. Dr. Lena Heine (Sprachbildung und Mehrsprachigkeit, Ruhr-Universität Bochum), Prof. Dr. Heiko Krabbe (Didaktik der Physik, Ruhr-Universität Bochum, örtliche Tagungsleitung) und Prof. Dr. Bernd Ralle (Didaktik der Chemie, TU Dortmund) im Rahmen der Universitätsallianz Ruhr.

### **Tagungsstruktur und Beschreibung der Stränge**

Nach einem Impulsvortrag von Prof. Dr. MICHAEL BECKER-MROTZECK, Mercator-Institut für Sprachförderung und Deutsch als Zweitsprache (Universität zu Köln) wurden drei Arbeitsgruppen (Stränge) gebildet, in denen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Verlauf der Tagung zusammenblieben, um eine fortschreitende Diskussion zu ermöglichen. Jede Arbeitsgruppe wurde von einer Koordinatorin oder einem Koordinator moderiert. Die drei Arbeitsgruppen unterschieden sich thematisch wie folgt:

- Arbeiten zum rezeptiven Umgang mit Texten im Fach (Verantwortliche Strang-Koordination: Prof. Dr. CLAUDIA SCHMELLENTIN-BRITZ, Fachhochschule Nordwestschweiz)
- Arbeiten zum produktiven Umgang mit Texten im Fach (Verantwortliche Strang-Koordination: Prof. Dr. TORSTEN STEINHOFF, Universität Siegen)
- Arbeiten zum mündlichen Diskurs im Fach (Verantwortliche Strang-Koordination: Prof. Dr. VIVIEN HELLER, BERGISCHE Universität Wuppertal)

In jeder Arbeitsgruppe wurden acht Arbeiten vorgestellt und diskutiert. Die Vortragstitel können dem Tagungsprogramm im Anhang entnommen werden. Am Ende wurden in den Arbeitsgruppen Thesen formuliert und in einem abschließenden Plenum vorgestellt und diskutiert.

### **Impulsvortrag (Michael Becker-Mrotzek)**

Sprache spielt im naturwissenschaftlichen Unterricht eine wichtige Rolle – und zwar nicht nur als Mittel der Kommunikation, sondern als Mittel des fachlichen Wissenserwerbs. Dabei geht es um mehr als den Erwerb und den richtigen Gebrauch der jeweiligen Fachsprache. Der Impulsvortrag behandelte daher die folgenden Fragen:

- Wie hängen fachliches und sprachliches Lernen zusammen?
- Welche Rolle spielt die Sprache in den Lehr-Lernprozessen des naturwissenschaftlichen Unterrichts?
- Was folgt daraus für die Forschung?

#### *1. Fachliches und sprachliches Lernen*

Sprache hat drei wesentliche Funktionen: Kommunikation – Kognition – Sozialisation. Sprache ist das zentrale Werkzeug der menschlichen Verständigung und Kommunikation; typische Beispiele hierfür sind sprachliche Handlungen wie das Anweisen, das gemeinsame Planen oder Bitten und Aufforderungen. Sprache ist darüber hinaus ein wichtiges Werkzeug des Denkens und der Verarbeitung von Wissen; typische Beispiele hierfür sind die Frage-Antwort-Sequenz oder das Erklären und Argumentieren, die ganz wesentlich auf die Be- und Verarbeitungen von Wissen zielen. Dabei geschieht die Wissensverarbeitung sowohl auf Seiten des Sprechenden / Schreibenden wie auf Seiten der/des Hörenden/Lesenden. Und schließlich ist die Sprache ein Mittel, um soziale Zugehörigkeit herzustellen und auszudrücken (oder abzulehnen); typische Beispiele sind das Grüßen, aber auch National- oder Fachsprachen.

Die epistemische, wissensbildende Funktion der Sprache ergibt sich aus dem Umstand, dass mit dem sprachlichen Zeichen ein Symbol für einen Begriff, für etwas Gedachtes zur Verfügung steht. Zum kognitiven Konstrukt eines Sachverhalts (= dem Gedachten) tritt mit dem sprachlichen Zeichen eine weitere, nicht kognitive Einheit – Ideen und Gedanken können externalisiert werden, nach außen gesetzt (= ge-äußert) werden. Liegen diese zudem in geschriebener Form vor, werden die Zeichen sichtbar und können auf diese Weise außerhalb des Gedächtnisses manipuliert werden. Der Gedanke tritt dem Denkenden gewissermaßen als materielles Zeichen gegenüber. Die gesprochene Sprache steigert als Werkzeug die Leistungsfähigkeit des Denkens – die geschriebene als weiteres Werkzeug führt zu einer weiteren Steigerung. In unterschiedlichen Gedächtnisexperimenten konnte eine Überlegenheit der Schriftlichkeit nachgewiesen werden: Versuchspersonen konnten Gedächtnisinhalte besser abrufen, wenn sie diese aufschreiben und nicht nur aufsagen mussten.

Mit der Fach- und der Bildungssprache stehen zwei sprachliche Register zur Verfügung, die in besonderer Weise zur Verarbeitung von komplexen Inhalten geeignet sind. Das hängt u.a. mit ihren spezifischen lexikalischen und syntaktischen Mitteln sowie Textgenres (= Muster) zusammen, die in besonderer Weise auf die exakte Darstellung definierter Sachverhalte zugeschnitten sind.

#### *2. Sprache in den Lehr-Lernprozessen des naturwissenschaftlichen Unterrichts*

Die Beherrschung der Bildungssprache ist daher auch für den naturwissenschaftlichen Unterricht bedeutsam, wie beispielsweise der große Zusammenhang von Leseleistung und mathematischen Leistungen bei PISA belegt. Vor diesem Hintergrund hat sich in den vergangenen Jahren eine Reihe von didaktischen Konzepten entwickelt, die auf die koordinierte Vermittlung von sprachlichen und fachlichen Kompetenzen zielen und unter dem Begriff des sprachsensiblen Fachunterrichts zusammengefasst werden können. Allerdings fehlt es nach wie vor an empirischen Studien zum Zusammenhang von sprachlichem und fachlichem Lernen, so dass zwar positive Effekte sprachsensibler Unterrichtsmethoden auf das fachliche Lernen angenommen werden dürfen, allerdings die

genauen Wirkzusammenhänge ungeklärt sind. So konnten in Metaanalysen zum Schreiben in den Sachfächern überwiegend positive Effekte nachgewiesen werden, die jedoch stark in Abhängigkeit von Moderatorvariablen schwanken; Schreibaufgaben haben größere Effekte in höheren Klassen; gleiches gilt für kurze Aufgaben; das Schreiben von Zusammenfassungen zu informatorischen Texten verbessert zudem das Leseverstehen vor allem schwacher Lernender.

### *3. Folgerungen für Forschung und Praxis*

Daraus lässt sich für die fachdidaktische Forschung die Forderung herleiten, verstärkt die epistemische Funktion der Sprache im NW-Unterricht in den Blick nehmen, und zwar

- im Unterrichtsgespräch: Was sind kognitiv anregende Fragen und Aufgabenstellungen? Was sind lernförderliche Rückmeldungen (Lehrerkompetenz)?
- in der Gruppenarbeit: Wie kann die Kommunikation in der Gruppenarbeit unterstützt werden?
- beim Lesen: Was sind die zentralen Textformen? Welche Unterstützungsmaßnahmen (Wortlisten, Nachschlagewerke, komplexe Lesestrategien wie Absätze schriftlich zusammenfassen, Fragestellungen formulieren ...) helfen beim Erfassen der Informationen (= Propositionen) sowie Verstehen der kommunikativen Absichten (= Illokutionen) wie Argumentieren, Behaupten, Bestreiten
- beim Schreiben: Was sind zentrale Textformen? Welche Unterstützungsmaßnahmen helfen beim Verfassen von Texten und fachlichen Lernen?
- 

### **Ergebnisse der Arbeitsgruppen**

Im Folgenden berichten die Koordinatoren der Arbeitsgruppen über die erzielten Ergebnisse.

### **Arbeiten zum rezeptiven Umgang mit Texten im Fach (Claudia Schmellentin)**

In diesem Strang wurden Arbeitsergebnisse zum Lesen von Texten im Mathematik-, Biologie-, Chemie- und Physikunterricht vorgestellt und diskutiert. In allen Beiträgen ging es um die Frage, welche Bedingungen erfüllt sein müssen bzw. welche Maßnahmen zu ergreifen sind, damit Texte ihre wissenstransferierende Funktion im Fachunterricht entfalten können. Der große Teil der vorgestellten Arbeiten nahm dabei die Texte selbst und die Wirkung von Textmanipulationen in den Fokus, teils unter Berücksichtigung von lernerseitigen Voraussetzungen. Einzelne Beiträge fragten nach der Wirkung von sprach- und fachdidaktischen Maßnahmen, sei dies in Form von so genannten Scaffolds oder auch von Strategievermittlung. Obschon den Arbeiten ähnliche Fragestellungen und Ziele sowie Verstehensmodelle zugrunde liegen, sind deren Ergebnisse alles andere als einheitlich.

#### *1. Lesen ≠ Lesen – Zur Fachspezifik von Leseprozessen*

Lesen hat in den verschiedenen Fächern unterschiedliche Funktionen und der Umgang mit Texten unterliegt je nach Fach, Schul- oder Niveaustufe auch unterschiedlichen Traditionen. Die fachlich geprägten Leseziele wie auch die inhaltliche und sprachliche Beschaffenheit der Texte prägen maßgeblich die für das Verstehen der Texte zu aktivierenden Lesestrategien. So geht es beim Lesen in Mathematik stärker darum, ein Problem zu erkennen, wohingegen es beim Lesen in Biologie meist darum geht, Informationen zu erschliessen. Die meisten Arbeiten berufen sich auf das psychologische Prozessmodell von Kintsch (z.B. Kintsch 1998). (Einzig in den Arbeiten zum Lesen im Mathematikunterricht wird z.T. auf andere Modelle wie das von Reusser zurückgegriffen, da mit diesem Modell die spezifische Funktion des Lesens im Mathematikunterricht besser integrierbar ist.) Es stellt sich die Frage, inwieweit der Rückgriff auf ein allgemeines Leseverstehensmodell für die Bearbeitung von Fragen zum fachbezogenen Lesen zielführend ist bzw. inwieweit die Modelle fachspezifisch modelliert oder adaptiert werden müssen. Um grundlegende

Lesekompetenz- und -verstehensmodelle bezüglich Fachspezifik und unterschiedlicher Lernergruppen stärker zu differenzieren, müssen sich die Fach- und Sprachdidaktiken in den bisher primär von Psychologen besetzten Diskurs einmischen.

### *2. Forderung nach interdisziplinär angelegten reflexiven Metastudien*

Sowohl die im Strang präsentierten Ergebnisse zur Wirkung von Textmanipulationen als auch der Blick auf Studien aus dem deutschsprachigen und dem angloamerikanischen Raum zeigen, dass die Ergebnisse alles andere als einheitlich sind. Mal lassen sich durch Textmanipulationen keine signifikanten Effekte erzielen, mal nur für leistungsstärkere Lernende und ein anderes Mal wiederum nur für leistungsschwächere. Eine Metastudie, die die Bedingungen der Studien wie die sprachlichen Ebenen der Manipulationen, die Textarten, die Instrumente zur Erfassung des Wissenszuwachses usw. vergleicht und die Ergebnisse auf dieser Basis interpretiert, wäre ein Anliegen und steht noch aus.

### *3. Forderung nach stärkerer Berücksichtigung der Personenmerkmale*

In der Diskussion wurde mehrfach betont, dass neben den Möglichkeiten von textseitigen Manipulationen nun auch stärker die Lesermerkmale in den Blick rücken sollten. Leseverstehen geschieht in Interaktion von Lesenden und Text. Die Leserseite ist in der bisherigen Forschung jedoch noch zu wenig in den Fokus geraten. Die oben genannten psychologischen Prozessmodelle sind Expertenmodelle. Über das Lesen von Novizinnen und Novizen wissen wir hingegen noch zu wenig. Fragen nach den Ressourcen der Schülerinnen und Schüler auf den verschiedenen Lernstufen, nach angewandten Strategien, ihrem Umgang mit unterschiedlichen Texten sowie ihren effektiven Verstehensschwierigkeiten stellen wichtige Forschungsdesiderate dar.

### *4. Interdisziplinarität als Chance und Herausforderung*

Zu einem besseren Verständnis von fachbezogenem Lesen von Lernenden kann nur interdisziplinäre Forschung beitragen. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die fachspezifischen Funktionen und Ziele des Lesens in den Studien mitberücksichtigt werden und dass die Studien als Grundlage zur lerner- und sachadäquaten didaktischen Modellierung von fachbezogenem Lesen genommen werden können. Es lohnt sich sicher, die besonderen Herausforderungen, die interdisziplinäre Forschung stellt, anzunehmen. Da die verschiedenen Fachdidaktiken mit ähnlichen Aufgaben wie Adaption von psychologischen Modellen, Entwicklung von Fördermaßnahmen usw. konfrontiert sind, können sie besonders von interdisziplinären Tagungen wie der hier berichteten profitieren.

### **Arbeiten zum produktiven Umgang mit Texten im Fach (Torsten Steinhoff)**

In diesem Strang kamen Kolleginnen und Kollegen aus der DaF/-DaZ-Forschung, Englischdidaktik, Psychologie, Physikdidaktik und Sprachdidaktik zusammen, um ihre Arbeitsergebnisse zum Schreiben im Fach vorzustellen und zu diskutieren. Die Schwerpunkte lagen auf der Schreibwirklichkeit im Fachunterricht, den Zusammenhängen zwischen Schreibkompetenzen und fachlichen Kompetenzen, der Wirksamkeit von Schreibfördermaßnahmen und der Beurteilung von Schülertexten. Trotz der teils sehr unterschiedlichen Forschungsziele und -designs kristallisierte sich eine Reihe fachübergreifend relevanter Erkenntnisse und Desiderate heraus.

#### *1. Schreiben in der Unterrichtswirklichkeit*

In der Wirklichkeit des Fachunterrichts wird das Schreiben i.d.R. nicht als Lernwerkzeug eingesetzt. Statt der für Lernprozesse maßgeblichen epistemischen und kommunikativen Schreibfunktionen (Wissen aneignen bzw. vermitteln) dominiert die konservierende Schreibfunktion (Wissen festhalten). Die gestellten Schreibaufgaben entsprechen zumeist



nicht dem Stand der schreibdidaktischen Forschung, weil sie beispielsweise lernrelevante Merkmale wie Adressaten oder sprachliche Hilfen aussparen. Neuere didaktische Konzepte wie das Modellieren von Schreibprozessen, das Trainieren von Schreibstrategien oder das Praktizieren von kooperativen Peer-Schreibinteraktionen kommen so gut wie nicht vor. Die Lernenden erhalten überdies nur selten schreib- und lernförderliches Feedback zu ihren Schreibprodukten.

## *2. Theoretische Grundlagen*

Es gibt nach wie vor zahlreiche unbeantwortete theoretische Fragen zum Schreiben im Fach. Dies gilt insbesondere für das epistemische Schreiben. In den einschlägigen Schreibmodellen wird das deklarative Fachwissen zwar thematisiert und der Ebene der „Ressourcen“ zugerechnet. Offen bleibt aber, wie dieses Wissen mit den kognitiven und sprachlichen Komponenten des Schreibens zusammenwirkt und welche Rolle weitere Fachkompetenzen spielen (z.B. in den Bereichen „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“).

## *3. Methodisches Repertoire*

In den vorliegenden Untersuchungen konzentriert man sich auf die Beurteilung der allgemeinen Qualität von Schreibprodukten. Um epistemische Effekte des Schreibens zu erforschen, sollte es vermehrt darum gehen, geeignete Fachwissenskriterien zu entwickeln und anzulegen, den Schreibprozess zu erforschen (z.B. mithilfe von Verfahren wie Lautes Denken, Keystroke Logging oder Videografie) und longitudinale Erwerbs- und Interventionsstudien durchzuführen.

## *4. Domänen*

Auch wenn das Forschungsfeld in seiner Gesamtheit bis heute nur ansatzweise erforscht ist, lässt sich nicht übersehen, dass die Aufmerksamkeit bislang vornehmlich der Mathematik, Chemie und Physik sowie der Sekundarstufe I gegolten hat. Über das Schreiben in der Biologie, in den fächerübergreifenden „Lernbereichen“, in der Sekundarstufe II und im Sachunterricht der Grundschule weiß man dagegen kaum etwas.

## *5. Auswirkungen auf das Fachwissen*

Obwohl theoretisch vieles dafür spricht, dass sich das Schreiben positiv auf das fachliche Lernen auswirkt, konnte diese Hypothese empirisch noch nicht auf breiter Grundlage verifiziert werden. Das liegt allerdings auch an dem bereits erwähnten Umstand, dass als abhängige Variable häufig nicht das Fachwissen, sondern die nur bedingt aufschlussreiche Textqualität dient.

## *6. ‚Trigger‘ epistemischer Effekte*

Es ist ebenso interessant wie unklar, ob und inwiefern das Schreiben (im Unterschied zum Sprechen, Zuhören und Lesen) spezifische ‚Trigger‘ für epistemische Effekte aufweist. Metastudien deuten auf die besondere Bedeutung metakognitiver Komponenten hin (z.B. Reflexion von Lernstrategien). Die Ergebnisse der empirischen Schreibdidaktik führen demgegenüber die Bedeutung sprachlicher Komponenten wie „Textprozeduren“ vor Augen. Damit sind Formulierungsmuster auf einer mittleren Texthandlungsebene gemeint, die eine Inbezugsetzung von Elementen der Fachkommunikation und des Fachwissens erfordern, etwa beim Definieren (z.B. „unter ... versteht man ...“), Vergleichen (z.B. „... im Unterschied zu ...“) oder Schlussfolgern (z.B. „... hat zur Folge, dass ...“)

### *7. Interdisziplinarität*

Die Vorträge und Gespräche haben durchgehend gezeigt, dass die Lösung der beschriebenen Probleme gemeinsame Anstrengungen der jeweils betroffenen Fächer voraussetzt. Nur so kann das für die Erforschung des Schreibens im Fach zentrale Zusammenspiel kognitiver, sprachlicher und fachlicher Kompetenzen auf hohem Niveau erforscht werden.

### **Arbeiten zum mündlichen Diskurs im Fach (Vivien Heller)**

Im Strang Mündlichkeit trafen sich Vertreterinnen und Vertreter aus der Mathematikdidaktik, Physikdidaktik, Sprachwissenschaft/Sprachdidaktik und Erziehungswissenschaft. Eine Besonderheit des Strangs lag darin, dass die untersuchten Lehr-Lernprozesse alle Altersstufen umfassten und vom Elementarbereich bis zur Sekundarstufe II reichten. Diskutiert wurden Fragen zum Zusammenhang von fachlichem und sprachlichem Lernen sowie grundlegende, den vorgestellten Projekten zugrundeliegende Sprachkonzepte (bspw. Bildungssprache, konzeptionelle Schriftlichkeit), methodische Fragen zur Beschreibung bzw. Identifikation lernförderlicher Ressourcen sowie Ansatzpunkte für die interdisziplinäre Zusammenarbeit.

#### *1. Zusammenhang fachlichen und sprachlichen Lernens*

Die grundlegende Frage nach der wechselseitigen Bedingtheit von fachlichem und sprachlichem Lernen muss nach wie vor als noch unzureichend erforscht gelten. In den vorgestellten Forschungsarbeiten stand überwiegend der Wirkungszusammenhang von Sprache/Sprachfähigkeit auf das fachliche Lernen im Vordergrund. Zum umgekehrten Zusammenhang, also zur Frage, welche fachlichen Wissensbestände/-konzepte den Ausbau sprachlich-diskursiver Fähigkeiten befördern, oder gar zu deren wechselseitiger Beeinflussung, existieren bislang nur wenig empirische Befunde. Die weitere Aufklärung des Zusammenhangs von fachlichem und sprachlichem Lernen bedarf zum einen einer sprach- und fachdidaktischen Grundlagenforschung, die fachspezifische Erkenntnis- und Kommunikationspraktiken als Hintergrund von Lernprozessen untersucht. Zudem gilt es, Lernprozesse in Zukunft stärker mit Blick auf heterogene sprachlich-diskursive und kognitive Voraussetzungen zu betrachten.

#### *2. Für das fachliche Lernen relevante sprachliche Ressourcen*

Die Frage, welche sprachlichen Ressourcen zum Gegenstand von Förderkonzepten und entsprechenden Interventionsstudien gemacht werden sollen, wird in aktuellen Forschungen recht unterschiedlich beantwortet. In Bezug auf Konzepte wie bspw. Bildungssprache oder konzeptionelle Schriftlichkeit wurde festgehalten, dass diese vornehmlich als Heuristik zu betrachten sind, um auf empirischem Wege tatsächliche sprachliche Anforderungen in Bezug auf unterschiedliche Aufgaben- und Unterrichtssettings zu erforschen. Dabei sollte der Lernprozess mit dem Ziel des (fachlichen) Verstehens den Maßstab dafür bilden, welche sprachlich-diskursiven Ressourcen benötigt und dementsprechend zugänglich gemacht werden müssen. In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage nach einer funktionalen Äquivalenz unterschiedlicher Darstellungsformen (material-gegenständlich, graphisch, mündlich) sowie nach Mehrsprachigkeit als Ressource/Herausforderung. Die Fragen verweisen auf den Bedarf, den interdisziplinären Diskurs über fachübergreifend relevante theoretische Konstrukte weiter zu stärken.

#### *3. Unterrichtsgespräche als sprachlicher und fachlicher Lernkontext*

Inwiefern Unterrichtsgespräche einen Lernkontext für sprachliches und fachliches Lernen darstellen (können), bildete eine der zentralen Fragen des Strangs. Mit Blick auf die Optimierung des lehrerseitigen Sprach- und Gesprächsverhaltens wurde – abhängig von den jeweils genutzten Sprach-/Diskurserwerbstheorien – auf unterschiedliche Aspekte fokussiert.

Auf interaktionistische Erwerbstheorien rekurrierende Studien fokussierten vor allem auf die Anregungs- und Interaktionsqualität, d.h. auf das Etablieren diskursiver und fachlicher Anforderungen und das Anbieten mit interaktiver Unterstützung zu deren Bewältigung. Demgegenüber fokussierten auf Input-Theorien zurückgreifende Arbeiten auf strukturbezogene Merkmale der Lehrersprache. Ein weiteres Forschungsdesiderat besteht in der Klärung des Verhältnisses von inzidentellem Lernen und expliziter Instruktion.

#### *4. Methoden/Zusammenführung qualitativer und quantitativer Forschung*

Die weitere Forschung zur Mündlichkeit in fachlichen Lehr-Lernprozessen steht vor der Herausforderung, aus qualitativen Studien gewonnene Befunde in Forschungsvorhaben zu überführen, die Optimierungen von Lernumgebungen im Rahmen der Entwicklungs- oder Interventionsforschung überprüfen. In methodischer Hinsicht stellen sich dabei Herausforderungen, denen gegenwärtig erst in Ansätzen begegnet werden kann. So gilt es, fachliches Lernen genauer zu operationalisieren (Wissensbestände, kognitive Konzepte, fachspezifische Erkenntnispraktiken?), Instrumente für die Erfassung diskursiver Fähigkeiten zu entwickeln sowie Kodiersysteme bspw. für Interaktionsqualität zu konstruieren, die der Prozessualität und Sequentialität von Interaktionen Rechnungen tragen.

#### *5. Interdisziplinarität*

Die Diskussionen im Strang *Mündlicher Diskurs im Fach* haben deutlich gemacht, dass die Aufklärung des Zusammenhangs von sprachlichem und fachlichem Lernen ein genuines Forschungsinteresse aller beteiligten Fächer – sowohl der naturwissenschaftlichen als auch der sprachwissenschaftlich/-didaktischen – bildet. Viele der aufgeworfenen grundlagen- und anwendungsorientierten Fragestellungen weisen eine Komplexität auf, die nach einer interdisziplinären Bearbeitung verlangt.

#### **Diskussion im Abschlussplenum**

Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen wurden gegenseitig im Abschlussforum vorgestellt und diskutiert. Dabei wurden folgende Aspekte angesprochen.

Anmerkungen zur Forschung und Praxis

- Für die Interdisziplinarität ist es notwendig, sowohl inhaltlich als auch fachkulturell eine gemeinsame Basis der Fach- und Sprachdidaktiken zu finden. Es müssen Wege gefunden werden, den Dialog zu führen.
- Strangübergreifend wurde betont, dass weitere Grundlagenforschung notwendig ist, um beispielsweise Entwicklungsprozesse zu beschreiben und Lernmodelle zu entwickeln, die die fach- und sprachdidaktische Perspektive integrieren.
- Wichtig ist, die relevanten Konstrukte zu klären und zu einem gemeinsamen Verständnis von Begrifflichkeiten (z. B. der Bildungssprache) zu kommen.
- Die Komplexität des Forschungsbereichs sollte von der Handlungsrelevanz her aufgearbeitet werden, d. h. zunächst sollten Entwicklungen in den bestmöglichen Unterrichtssettings analysiert werden.
- Es braucht einen Diskurs über die Ziele der Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Bandbreite reicht von elementarer Förderung zur Beseitigung sprachbedingter Nachteile (Inklusion) bis zur fachspezifischen Optimierung der Sprachgebrauchs (Fachsprachenerwerb).
- Es fehlt an Wissen über die Rolle der Sprache beim Aufbau fachlicher Kompetenzen zum Beispiel beim Argumentieren, Aufbau von konzeptuellem Verständnis, Problemlösen oder der Erkenntnisgewinnung.
- Die Aufgaben(stellung) und Mehrsprachigkeit werden bislang nur wenig in den Blick genommen.
- Eine stärkere Verbindung zwischen Mündlichkeit und Schriftlichkeit bzw. Lesen und Schreiben erscheint notwendig, da sie sich in der Praxis nicht trennen lassen.

### Anmerkungen zur Tagung

- An dem Arbeitsgruppenformat soll grundsätzlich festgehalten werden. Es wurde aber über eine veränderte Einteilung der Arbeitsgruppen nachgedacht, um die Trennung von Lesen, Schreiben und Mündlichkeit zu überwinden. Als andere Ordnungsstruktur wurde vorgeschlagen, von den fachlichen Wissensarten oder Unterrichtsmodellen (z. B. Erfahrungslernen, Konzeptbildung) auszugehen und darunter Lesen, Schreiben und mündlichen Diskurs zusammenzubringen. Diese Ordnungsstruktur erscheint aber für Sprachdidaktiker wenig attraktiv und transparent zu sein. Stattdessen wäre es vielleicht besser, Handlungsmuster (Beschreiben, Erklären, Argumentieren usw.) zur Strukturierung zu verwenden.
- Die Tagungsausschreibung war auf bereits abgeschlossene Projekte ausgerichtet. Es wurde angeregt, die Tagung dahingehend zu öffnen, dass Promovierende ihre Arbeiten und Vorhaben vorstellen können. Hierzu wurde angemerkt, dass sich die Intention der Tagung dadurch verschiebt, und festgestellt, dass es unterschiedlichen Wahrnehmungen und Interessen von Professor(inn)en und Mitarbeiter(inne)n gibt.

### Ausblick

Im Rahmen des Abschlussplenums wurde der Wunsch nach einer Weiterführung des Tagungsformats geäußert. Als Ausrichter haben sich Prof. Dr. Dietmar Höttecke, (Didaktik der Physik, Universität Hamburg) und Prof. Dr. Dominik Leiss (Didaktik der Mathematik, Leuphana Universität Lüneburg) angeboten. Eine Fortführung ist für März 2019 geplant.

Anhand der eingereichten Vortragsfolien wurde ein Gesamtliteraturverzeichnis erstellt, aus dem auch hervorgeht, welche Zeitschriften für Publikationen in Frage kommen. Das Verzeichnis kann bei der örtlichen Tagungsleitung (Prof. Dr. Heiko Krabbe) angefordert werden.

### Die Tagung wurde gefördert von:



## **Literaturliste: Grundlegende Texte der Didaktik der Chemie und Physik – Aktueller Stand der Arbeiten –**

### **Ausgangslage und Zielvorstellung**

Im Rahmen der Verleihung der GDCP-Ehrenmedaille 2017 auf der Jahrestagung in Regensburg wurde vom Preisträger, Horst Schecker, angeregt, eine Art Literaturliste zu erstellen, die zentrale Texte aus der vielfältigen Forschungstradition der Physik- und Chemiedidaktik umfasst und einer jüngeren Generation von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern kompakt zugänglich macht. Sie soll es angehenden Fachdidaktikerinnen und -didaktikern ermöglichen, sich die Entwicklungsgeschichte, zentrale Ansätze und Paradigmen der eigenen Disziplin zumindest überblicksartig anzueignen. Eine derartige Literaturliste könnte begleitend zur Promotion zur Lektüre anregen oder in z. B. Graduiertenkollegs diskutiert werden.

Als Nachwuchswissenschaftler haben wir selbst ein großes Interesse an solch einer Literaturliste und an der darin aufscheinenden Entwicklungsgeschichte unserer Forschungsdisziplin. Wir wünschen uns, dass durch die Sammlung von Literatur und der Diskussion Ideen entstehen, die uns als wissenschaftlichem Nachwuchs auf sinnvolle und ökonomische Weise die historische Entwicklung der Fachdidaktiken „nahebringen“.

Wir sind erste Schritte hin zu einer solchen Liste gegangen, indem wir in einem Delphi-Verfahren auf die Erfahrung und Einschätzung der älteren Chemie- und Physikdidaktikerinnen und -didaktiker zurückgreifen wollen. Wir hoffen so, eine Zusammenstellung zu finden, die viele Perspektiven umfasst und eine möglichst breite Akzeptanz in der Forschungscommunity findet. Dabei hatten wir bis zum Workshop selbst keine konkrete Vorstellung davon „wohin die Reise geht“. Im Gegenteil wurde die Methode der Delphi-Studie gewählt, um das Projekt möglichst weitgehend an die Vorstellungen und Bedürfnisse innerhalb der Community zu binden.

Das Literaturlisten-Projekt ist *kein* Projekt der GDCP, wir bedanken uns aber bei Vorstand und Geschäftsführer für wertvolle Rückmeldungen und die Möglichkeit, den GDCP-Mailverteiler für Anfragen an die Mitglieder zu nutzen.

Im Workshop wurden die ersten beiden Runden der Delphi-Studie dargestellt und diskutiert. Zudem wurden Ideen zur Nutzung einer solchen Liste gesammelt und versuchsartig eigene Listenvorschläge zusammengestellt.

### **Wozu eine Literaturliste?**

Ziel einer Literaturliste zu grundlegenden Texten der Didaktik der Chemie und Physik kann es *nicht* sein, Forschungsschwerpunkte oder Leistungen einzelner Arbeitsgruppen zu gewichten, zu bewerten oder gar gegeneinander auszuspielen. Wir wollen und sollten kein wie auch immer geartetes System relevanter oder irrelevanter Schriften erzeugen. Auch ist es keinesfalls unser Ziel, in irgendeiner Form „von oben“ in die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses einzugreifen, sie zu verschulen oder Inhalte vorzuschreiben.

Als Anhänger eines humanistischen Bildungsideals sind wir aber der Ansicht, dass gerade in der Promotions- und Postdoc-Phase Zeit sein sollte, um sich – je nach Interessenlage – auch mit dem Großen und Ganzen, mit der Historie und Genese der eigenen Disziplin auseinanderzusetzen, sich selbst als Wissenschaftler-Persönlichkeit und sein eigenes Projekt in ihrer Ideengeschichte zu verorten und so, aktiv an der Disziplinwerdung und Disziplinentwicklung teilzuhaben (im Sinne eines „studium generale“ der eigenen Fachdisziplin). Vor diesem Hintergrund sehen wir eine Literaturliste als Ressource, die die historische Vielfalt fach-

didaktischer Denk- und Forschungsansätze kompakt zugänglich macht und die zur Reflexion über die Fachdidaktik und ihr Selbstverständnis als wissenschaftliche Disziplin anregt.

### **Konkrete Ideen zur Nutzung**

Die Teilnehmer des Workshops wurden in einer ersten Arbeitsphase gebeten, Ideen für die Nutzung einer solchen Literaturliste zu sammeln und zu diskutieren. Dabei schälten sich zwei divergierende Ideen heraus. Die aufgekommene Idee einer umfangreichen, verschlagworteten, kommentierten und per Filter- und Suchfunktion zugänglichen Datenbank geht an der ursprünglichen Intention vorbei.

Viel eher wollen wir die Idee einer Liste exemplarisch ausgewählter Texte verfolgen, die gründlich in die großen Forschungslinien und Ideengeschichte unserer Disziplin eingeordnet sind. So könnten Texte der Liste bei Interesse durch Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler gelesen oder z. B. in Arbeitsgruppenseminaren diskutiert werden. Sie könnte helfen die eigene Forschung tiefergehend als manchmal üblich in den großen Linien der Disziplin zu verorten.

Auswahlkriterium sollte dabei nicht die häufige Zitation in der Gegenwart sondern Exemplarität für die Ideengeschichte sein. Eine Verengung auf einzelne Sichtweisen oder eine Suggestion von Eindeutigkeit sollte vermieden werden. Die aktuell erscheinenden Lehrbücher (wie Krüger, Parchmann & Schecker, 2014, 2018) sollen nicht ersetzt werden. Überhaupt sollten eher Originalarbeiten als Überblicks- oder Lehrwerke verzeichnet werden.

### **Übersicht über die bisherige Delphi-Befragung**

Die Delphi-Befragung fand bisher in zwei Befragungsrunden als Online-Umfrage statt. Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden über den GDCP-Mailverteiler rekrutiert, wobei die Mail nur an Promovierte versandt wurde und sich inhaltlich stärker an erfahrene Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker richtete.

In der ersten Runde im Herbst 2017 wurden ganz offen Vorschläge für die Liste gesammelt, diese wurden anschließend gesichtet und strukturiert und in der zweiten Runde im Frühjahr 2018 den Teilnehmerinnen und Teilnehmern zur Gewichtung unter verschiedenen Gesichtspunkten vorgelegt. Der Workshop kann als dritte Runde des Delphi-Verfahrens gesehen werden, in der vor allem Rückmeldungen zum aktuellen Stand – kritisch sowie zustimmend – eingeholt und diskutiert werden. Für die Zukunft ist mindestens eine weitere Runde zur Befragung des wissenschaftlichen Nachwuchses geplant, der bisher nicht im Fokus stand.

### **Erste Delphi-Runde**

In der ersten Runde wurden die Befragten nach der Abfrage einiger demographischer Merkmale gebeten, ganz unbeschränkt Vorschläge für die Literaturliste zu machen. Als Anregung wurden verschiedene Kriterien wie Konstitutivität, Historizität, Exemplarität oder paradigmatische Wirkung auf die Disziplin genannt. Die Vorschläge wurden weder inhaltlich noch der Anzahl nach limitiert.

Für die erste Runde liegen Rückmeldungen von 33 Personen vor. Einen Überblick zeigt Tab. 1. Man sieht, dass sich (wie angestrebt) vor allem erfahrene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beteiligt haben, dass aber ein Überhang hin zur Physikdidaktik besteht.

| Didaktik            |       | Derzeitige Position |       | Promotion in ... |       |
|---------------------|-------|---------------------|-------|------------------|-------|
| Chemiedidaktik      | 10/12 | Emeritus/a          | 5/6   | Fachdidaktik     | 22/31 |
| Physikdidaktik      | 22/28 | Professor/in        | 18/19 | Bezugsdisziplin  | 8/9   |
| Andere Fachdidaktik | 1/2   | Ak. Rat/Rätin       | 2/1   | Andere Disziplin | 1/2   |
|                     |       | Postdoc             | 2/5   | Nicht Promoviert | 2/–   |
|                     |       | Sonstige            | 6/10  |                  |       |

Tab. 1: Demographischer Überblick der Rückmeldungen in der 1./2. Delphi-Runde.

| Nennungs-<br>häufigkeit | Vorgeschlagene Titel (Auszug)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8x                      | Wagenschein: Die Pädagogische Dimension der Physik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 7x                      | Wagenschein: Verstehen Lehren. Genetisch-sokratisch-exemplarisch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 6x                      | Muckenfuß: Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts<br>Müller, Wodzinski, Hopf: Schülervorstellungen in der Physik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 5x                      | Bleichroth, Dahncke, Jung, Merzyn, Weltner: Fachdidaktik Physik<br>Krüger, Parchmann, Schecker: Methoden in der naturwissenschaftlichen Forschung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4x                      | Kattmann, Duit, Gropengießer, Komorek: Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3x                      | Gebhard, Höttecke, Rehm: Pädagogik der Naturwissenschaften<br>Häußler, Bündler, Duit, Gräber, Mayer: Naturwissenschaftsdidaktische Forschung. Perspektiven für die Unterrichtspraxis<br>Kircher, Girwidz, Häußler: Physikdidaktik. Theorie und Praxis<br>Posner, Strike, Hewson, William: Accommodation of a Scientific Conception. Toward a Theory of Conceptual Change<br>Reiners: Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen<br>Wagenschein: Rettet die Phänomene |
| 2x                      | 24 Texte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1x                      | 187 Texte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

Tab. 2: Die am häufigsten vorgeschlagenen Werke in der ersten Delphi-Runde.

Insgesamt wurden in der ersten Runde 403 Vorschläge eingereicht. Diese entfallen auf 224 verschiedene Titel. Als erste Analyseebene wurde ausgezählt, welche Vorschläge mehrfach eingingen. Einen Überblick zeigt Tab. 2. Darunter finden sich mehrere Klassiker (insbesondere entfallen 25 Einzelschlüsse auf 10 Texte von Wagenschein, aber auch Muckenfuß, Jung, Kerschensteiner, Pukies und Schecker), aber auch mehrere Lehrbücher und Studienüberblicke. Unter den 2x vorgeschlagenen Titeln sind dann auch einige neuere Originalarbeiten. Weiterhin fällt auf, dass nur wenige der häufig vorgeschlagenen Texte der Chemiedidaktik zugeordnet werden können. Insgesamt ergab sich also ein eher uneinheitliches Bild zentraler Werke.

### Zweite Delphi-Runde

Diejenigen Texte, die in der ersten Runde mindestens zweimal vorgeschlagen wurden (das sind 37 Texte) wurden zwecks einfacherer Handhabbarkeit grob in drei Textgruppen geteilt (10 Texte vor 1990, 14 Texte ab 1990, 13 Lehrbücher und Studienüberblicke).

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sollten zunächst diejenigen Texte auswählen, zu denen sie Rückmeldung geben wollten und bekamen dann zu jedem ausgewählten Text drei geschlossene Fragen vorgelegt:

- *Wie gut ist Ihnen selbst dieser Text bekannt?*
- *Wie gut sollte einem/r Nachwuchswissenschaftler/in der Didaktik der Chemie bzw. Physik dieser Text Ihrer Ansicht nach bekannt sein?*
- *Inwiefern präsentiert dieser Text Ideen, Konzepte oder Fragestellungen, die in der Didaktik der Chemie bzw. Physik bis heute relevant sind?*

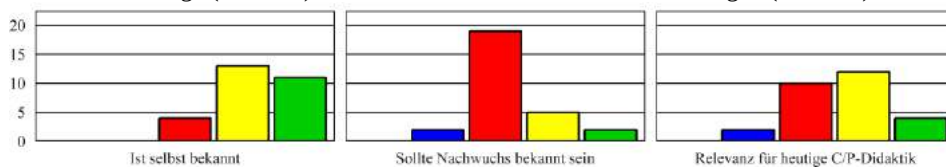
Das Antwortformat war jeweils fünfstufig von „Gar nicht“ bis hin zu „im Detail bekannt“ bzw. „insgesamt sehr relevant“. Am Ende konnte noch ganz offen Stellung genommen oder kommentiert werden.

Den Überblick über die insgesamt 42 Teilnehmerinnen und Teilnehmer der zweiten Runde zeigt ebenfalls Tab. 1. Von diesen hatten 17 Personen (das sind 40 %) bereits bei der ersten Runde teilgenommen. Im Mittel wurden für jeden der 37 Texte 23,5 (SD=7,2) Rückmeldungen abgegeben. Die Anzahl der Rückmeldungen pro Text in Runde 2 korreliert dabei signifikant mit der Anzahl der Nennungen desselben Textes in Runde 1 ( $r = 0,42$ ;  $p = 0,009$ ). Beispielspiele für die so gesammelten Rückmeldungen zeigt Abb. 1.

Hoffmann, Häußler, Peters-Haft: An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht.

Anzahl Vorschläge (Runde 1): 2 / 33

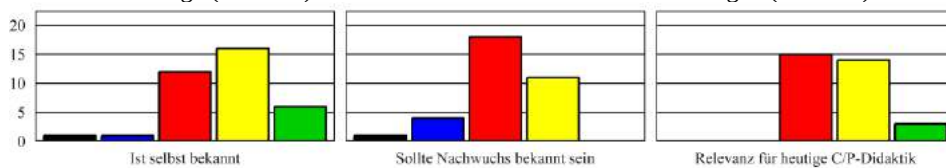
Anzahl Rückmeldungen (Runde 2): 28 / 42



Wagenschein: Naturphänomene sehen und verstehen.

Anzahl Vorschläge (Runde 1): 2 / 33

Anzahl Rückmeldungen (Runde 2): 36 / 42



Kattmann, Duit, Gropengießer, Komorek: Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Anzahl Vorschläge (Runde 1): 4 / 33

Anzahl Rückmeldungen (Runde 2): 38 / 42

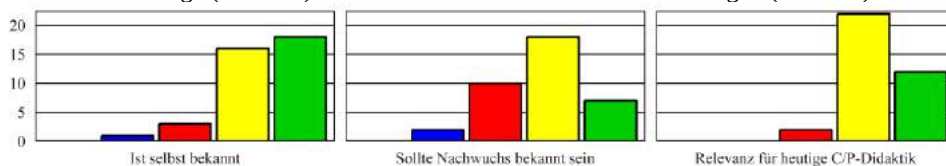


Abb. 1: Aggregierte Rückmeldungen für drei exemplarische Texte. Die Diagramme zeigen jeweils die Antwortoptionen von „Gar nicht“ (ganz links) bis „im Detail bekannt“ bzw. „insgesamt sehr relevant“ (ganz rechts).



### Weitere Arbeit im Workshop

Die Ergebnisse der zweiten Delphi-Runde wurden im Workshop an die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wie in Abb. 1 gezeigt ausgegeben, verbunden mit der Aufgabenstellung, nach eigener Vorstellung eine eigene Liste vorzuschlagen. Dabei war klar und auch angestrebt, dass hier keine konsensfähige, finale Liste entstehen würde. Vielmehr konnten verschiedene Anregungen für das weitere Vorgehen in der Delphi-Studie gewonnen werden.

Eine von mehreren Gruppen genutzte Technik war, nicht von den vorgeschlagenen Texten, sondern von zentralen Linien und Ideen auszugehen und erst dann entsprechend exemplarische Literatur zu identifizieren. Beispiele für solche Ideen waren dabei: *Frühe Ideen von Chemie-/Physikunterricht, Begründung und Ziele von Physik-/Chemieunterricht, Bildung, empirische Wende, Konstruktivismus, Curriculum, Schülervorstellungen, Didaktische Rekonstruktion, Interesse, Kontexte, Kompetenzmodellierung*.

Für mehrere dieser Gegenstände konnten die Gruppen auf Basis des vorliegenden Materials exemplarische Texte identifizieren, zum Teil können sogar längere Entwicklungslinien aufgezeigt werden (z. B. von der Curricularen Delphi-Studie über die IPN-Interessenstudie bis zum BLK-Modellversuch Chancengleichheit).

Andere Gruppen setzten sich vor allem aus potentiellen Nutzern einer Literaturliste zusammen und konnten mangels eigener Vertrautheit mit den Texten bzw. mit der Geschichte unserer Disziplin nicht von inhaltlichen Aspekten ausgehen. Hier wurde eher anhand der in Runde zwei erhobenen Kennwerten argumentiert. Hier wurde vor allem diskutiert, welche der drei dort gestellten Fragen eher als Relevanzkriterium anzusehen sei. Ein Konsens konnte kaum erreicht werden, zumal auch nach einer statistischen Auswahl noch mehr als die von uns als Grenze vorgeschlagenen zwölf Titel übrig blieben.

Eine Gruppe schlug weiterhin drei Leitaspekte für einen einordnenden Text vor: *Einordnung in die Leitlinie und in den Kontext (zeitlich, inhaltlich); Diskussion der Erträge aus heutiger Perspektive; Diskussion der Grenzen aus heutiger Perspektive*.

### Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt hat der Workshop mehrere wesentliche Punkte aufgeworfen, die wir im weiteren Verlauf der Arbeiten gerne berücksichtigen und umsetzen wollen: Wünschenswert erscheint eine kurz und exemplarisch gehaltene Klassiker-Liste, deren Wert vor allem in der Kommentierung und Einordnung in das Damals und das Heute gesehen wird, die nicht Lehrbuch, sondern Ausgangspunkt vertiefter Auseinandersetzungen sein will. Diese kann erstellt werden durch die Identifizierung zentraler Ideen und Leitlinien in der Geschichte unserer Disziplin, Zuordnung weniger, exemplarischer Texte zu diesen Leitlinien und Kommentierung. Alle drei Schritte sollten dabei in engem Austausch mit älteren Kolleginnen und Kollegen erfolgen.

Das Literaturlisten-Projekt wird insgesamt sowohl vom anwesenden Nachwuchs als auch von den anwesenden älteren Kolleginnen und Kollegen für relevant gehalten. Viele jüngere Kolleginnen und Kollegen würden sich gerne tiefergehend als bisher mit der Ideengeschichte der Chemie- und Physikdidaktik auseinandersetzen. Mehrere ältere Kolleginnen und Kollegen sind über ein „Vergessen der Wurzeln“ besorgt oder konstatieren eine zu flache Verortung neuer Ideen in ihren Ursprüngen.

Für uns bleibt außerdem wichtig, den wissenschaftlichen Nachwuchs in den weiteren Verlauf der Delphi-Erhebung einzubeziehen, und zudem zu klären, wie mit dem Überhang von Rückmeldungen aus der Physik gegenüber der Chemie produktiv umgegangen werden kann. Zuletzt möchten wir uns bei allen Befragten in der Delphi-Studie, bei allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Workshops und bei all denjenigen Bedanken, die unser Anliegen immer wieder kritisch aber produktiv diskutiert haben.

### Literatur

- Bleichroth, W., Dahncke, H., Jung, W., Merzyn, G. & Weltner, K. (1991). *Fachdidaktik Physik*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch*. Berlin: Springer VS.
- Häußler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- Hoffmann, L., Häußler, P., Peters-Haft, S. (1997). *An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht*. Kiel: IPN.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion: Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3-18.
- Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (2015). *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. (3. Aufl.) Berlin: Springer.
- Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.) (2014) *Methoden in der naturwissenschaftlichen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer
- Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.) (2018). *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen.
- Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hrsg.) (2004). *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson P. W. & William A. G. (1998). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education* 66(2), S. 211-227.
- Reiners, Ch. S. (2017). *Chemie vermitteln – Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Wagenschein, M. (1962). *Die Pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig: Westermann.
- Wagenschein, M. (1968). *Verstehen Lehren. Genetisch-sokratisch-exemplarisch*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Wagenschein, M. (1976). Rettet die Phänomene. In H. Dahnke (Hrsg.): *Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Freiburg, September 1975* (S.12-32) Hannover, Dortmund, Darmstadt, Berlin: Schroedel.
- Wagenschein, M. (1995). *Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge*. Stuttgart: Klett.

## **Pilotierung des *Nature of Science*-Vignettentests EKoL-NOS**

### **Das Konstrukt *Nature of Science***

Unter der Bezeichnung *Nature of Science* (NOS; Natur der Naturwissenschaften) werden in den Naturwissenschaftsdidaktiken Grundlagen der Erkenntnisgewinnung sowie Eigenschaften naturwissenschaftlichen Wissens diskutiert (z. B. Höttecke & Henke, 2010; Allchin, 2011; Lederman et al., 2013; McComas, 2014; Gebhard et al., 2017). Zentrales fachdidaktisches Anliegen ist, Lernende mit Erkenntnisprozessen naturwissenschaftlicher Disziplinen vertraut zu machen. Eine in diesem Sinne verstandene naturwissenschaftliche Grundbildung soll Schüler/-innen dazu befähigen, Naturwissenschaft als einen Weg der Erkenntnisgewinnung und Welterschließung anzuerkennen, aber zugleich kritisch zu hinterfragen. Somit wird NOS als wesentlicher Teil naturwissenschaftlicher Grundbildung („Scientific Literacy“) in einer naturwissenschaftlich geprägten Welt verstanden.

Das Professionswissen von Lehrkräften zu NOS kann in einen Content Knowledge (CK) Anteil sowie einen Paedagogical Content Knowledge (PCK) Anteil unterteilt werden. Der CK-Anteil beinhaltet dabei wissenschafts- und erkenntnistheoretische Grundlagen der Naturwissenschaften, das *paedagogical content knowledge* zu NOS bezieht sich auf die Kommunikation dieser Aspekte im Klassenraum (Bartos & Lederman, 2014).

### ***Instrumente zur Erhebung von NOS***

Zur Untersuchung des CK-Anteils von NOS liegen zahlreiche Instrumente für Erhebungen bei Lehrkräften vor (vgl. Priemer, 2006), z.B.: Wisconsin Inventory of Science Processes (WISP, Carey & Strauss, 1968); Nature of Science Scale (NOSS, Kimball, 1968); Views of Nature of Science (VNOS, Lederman, et al., 2002; Priemer, 2003); Knowledge Structures for NOS and SI (KS4NS, Bartos & Lederman, 2014). Der PCK-Anteil von NOS wurde bisher qualitativ in Unterrichtsbeobachtungen mit kleinen Stichproben untersucht, z.B. von Lederman & Zeidler (1987),  $N = 18$ ; Duschl & Wright (1989),  $N = 13$ ; Bell et al. (2000),  $N = 13$ , Bartos & Lederman (2014),  $N = 4$ . Diese unterrichtsbeobachtende Vorgehensweise lässt Studien mit größeren Stichproben jedoch nur mit erheblichem Aufwand zu. Fragebogeninstrumente, die Professionswissen zum PCK-Anteil von NOS erheben, stellen ein Forschungsdesiderat dar. Mit dem EKoL-NOS-Test soll einen Beitrag zum Schließen dieser Lücke geleistet werden.

### ***Elementarisierung von NOS in Aspektlisten***

Seit etwa zwei Jahrzehnten werden in den Naturwissenschaftsdidaktiken Listen diskutiert, welche Eigenschaften von NOS Lernende und Lehrkräfte kennen und reflektiert haben sollten (z. B. McComas & Olson, 2002; Osbourne et al., 2003; Lederman & Lederman, 2007, kritisch dazu z. B. Allchin, 2011). Diese Strukturierung bzw. Elementarisierung von NOS ergibt sich aus einer fachlichen Analyse der Naturwissenschaften unter Berücksichtigung der Schülerperspektive. Die Aspekte (a) Wissen über die Bedeutung von Kreativität und Subjektivität für wissenschaftliche Erkenntnis (KS), (b) Wissen über die Veränderung wissenschaftlicher Erkenntnisse im Laufe der Zeit (VZ) und (c) Wissen über die Differenzierung zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung (BS) stehen im Zentrum häufig diskutierter Elementarisierungen zu NOS.

### **Fragestellung**

Gelingt es, ein quantitatives Instrument zu entwickeln, das PCK-Anteile von NOS erfasst? Es interessiert insbesondere der situative Umgang von Lehrkräften mit den oben genannten und zentralen NOS-Facetten (a) Wissen über die Bedeutung von Kreativität und Subjektivität für wissenschaftliche Erkenntnis (KS), (b) Wissen über die Veränderung wissenschaftlicher Erkenntnisse im Laufe der Zeit (VZ) und (c) Wissen über die Differenzierung zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung (BS). Können Modelle spezifiziert werden, die sich auf Basis der Testwerte zum Umgang mit den NOS-Facetten und unter Berücksichtigung demographischer Hintergrundmerkmale interpretieren lassen?

### **Methode**

Eine zentrale methodische Herausforderung an die empirische Erfassung professioneller Kompetenzen von Lehrkräften liegt in der Schaffung eines möglichst authentischen Bezugsrahmens (Shavelson, 2013). Dieser Herausforderung soll mit der Verwendung von kurzen Unterrichtssequenzen in Textform begegnet

werden, sogenannten Vignetten. Vignettentests lassen sich im Gegensatz zu Unterrichtsbeobachtungen vergleichsweise zeitökonomisch einsetzen. Sie ermöglichen quantitative und zugleich unterrichtsnahe Erhebungen von Professionswissen (Rehm & Bölsterli, 2014; Brovelli et al., 2014; Rutsch et al., 2018). Zu den oben genannten Facetten wurden in den Vignetten des EKoL-NOS Tests möglichst authentische Unterrichtssituationen mit verschiedenen Handlungsoptionen beschrieben. Proband/-innen sollen diese Handlungsoptionen nach ihrer situationsspezifischen Angemessenheit auf einer Skala von eins bis sechs bewerten. Zu den drei oben beschriebenen NOS-Facetten wurden jeweils drei Vignetten in den finalen Test übernommen.

#### *Testwertberechnung durch Expertennorm*

Zu den Vignetten erfolgt eine Punktevergabe zunächst auf Itemebene (vgl. Meschede et al., 2015; Rutsch et al., 2018). Zur Testwertberechnung wurde eine Musterlösung entwickelt, an der sich Naturwissenschaftsdidaktiker/-innen ( $N = 8$ ) beteiligten, die an deutschsprachigen Hochschulen zu NOS forschen. Mit dem Modalwert dieser Musterlösung werden die Antworten der Proband/-innen verglichen. Bei Übereinstimmung wird die volle Itempunktzahl vergeben, liegt die Antwort eine Stelle neben dem Modalwert, erhalten die Probanden die halbe Punktzahl. Der Vignettenscore aggregiert sich im Sinne eines polytomen (Super-)Items aus den einzelnen Itemscores der Vignette (vgl. Eckes, 2015; Robitzsch & Lüdtke, 2015; Rutsch et al., 2018).

#### *Stichprobe*

An der Studie nahmen 289 Referendar/-innen des Lehramts für die Sekundarstufe 1 im Alter von 22 bis 49 Jahren teil ( $M = 26.64$ ,  $SD = 3.39$ , 204 weiblich), von denen 257 (181 weiblich) mindestens ein naturwissenschaftliches Unterrichtsfach studiert haben. Darunter 176 (138 weiblich) angehende Lehrkräfte mit dem Unterrichtsfach Biologie, 76 (52 weiblich) mit Chemie und 45 (18 weiblich) mit Physik.

#### **Ergebnisse**

Im Folgenden werden Ergebnisse zur Reliabilität und empirischen Validierung des Instruments vorgestellt. Dargestellt werden die Befunde anhand der Aspekte (1) Aufgabenschwierigkeiten und (2) Dimensionalitätsprüfung, sowie (3) einer Validitätsprüfung in Hinblick auf demographische Variablen.

#### *Aufgabenschwierigkeiten*

Tabelle 1 gibt einen Überblick zu den Aufgabenschwierigkeiten der einzelnen Vignetten. Die mittlere Aufgabenlösungshäufigkeit liegt zwischen .21 und .54. Damit kann mit den Testvignetten gut zwischen dem Professionswissen der Proband/-inn/-en differenziert werden, wobei drei der Vignetten (KS1, KS2 und VZ1) mit Lösungshäufigkeiten von  $< .3$  als schwierig einzustufen sind. Grundsätzlich fallen den Referendar/-inn/-en Aufgaben zur NOS-Facette *Beobachtung und Schlussfolgerung* am leichtesten ( $P_i$  zwischen .46 und .54). Die größten Schwierigkeiten bereiten Vignetten zur NOS-Facette *Kreativität und Subjektivität* ( $P_i$  zwischen .21 und .44).

**Tab. 1** Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Range (min-max), Aufgabenschwierigkeiten ( $P_i$ ) sowie Missings der eingesetzten Vignetten

| <b>Vignette</b>                          | <b>M</b> | <b>SD</b> | <b>min</b> | <b>max</b> | <b><math>P_i</math></b> | <b>Missings (%)</b> |
|------------------------------------------|----------|-----------|------------|------------|-------------------------|---------------------|
| Kreativität und Subjektivität 1 (KS1)    | 0.51     | 0.50      | 0          | 2          | .26                     | 3.80                |
| Kreativität und Subjektivität 2 (KS2)    | 0.42     | 0.43      | 0          | 2          | .21                     | 3.46                |
| Kreativität und Subjektivität 3 (KS3)    | 0.87     | 0.45      | 0          | 2          | .44                     | 3.11                |
| Veränderung im Laufe der Zeit 1 (VZ1)    | 0.50     | 0.46      | 0          | 2          | .25                     | 3.80                |
| Veränderung im Laufe der Zeit 2 (VZ2)    | 0.97     | 0.57      | 0          | 2          | .49                     | 4.15                |
| Veränderung im Laufe der Zeit 3 (VZ3)    | 0.98     | 0.37      | 0          | 2          | .49                     | 4.84                |
| Beobachtung und Schlussfolgerung 1 (BS1) | 1.07     | 0.42      | 0          | 2          | .54                     | 4.84                |
| Beobachtung und Schlussfolgerung 2 (BS2) | 0.96     | 0.54      | 0          | 2          | .48                     | 4.50                |
| Beobachtung und Schlussfolgerung 3 (BS3) | 0.91     | 0.46      | 0          | 2          | .46                     | 3.11                |

#### *Dimensionalitätsprüfung*

Die Dimensionalität wurde mit einem ein- und einem dreidimensionalen Strukturgleichungsmodell geprüft (siehe Abb. 1).

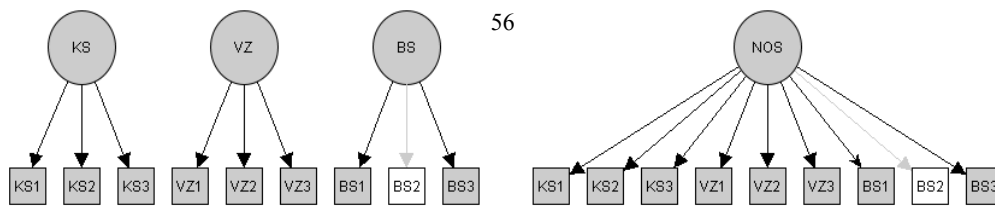


Abb. 1: Vergleich des dreidimensionalen Modells mit den Wissensfacetten zu (1) Kreativität und Subjektivität, (2) Veränderung wissenschaftlichen Wissens im Laufe der Zeit und (3) Unterscheidung zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung und einem eindimensionalen Modell. Die schwachgedruckte Vignette BS2 wurde nach ersten Modellrechnungen entfernt.

Grundlage stellen die neun Vignettenscores dar, wobei das dreidimensionale Modell NOS in einer weiteren Stufe über die drei Wissensfacetten abbildet. Zunächst wies eine der Vignetten zur Facette Wissen über die Differenzierung zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung in beiden Modellen inakzeptable Faktorladungen auf ( $\lambda_j = .037$ ;  $\lambda_j = .019$ ). Nach Entfernen der Vignette wurde mit Modellen weitergearbeitet, die auf acht Vignetten basieren.

Wie Tabelle 2 zeigt, weisen beide Modelle eine sehr gute Anpassungsgüte auf. Da ein Vergleich zwischen beiden Modellen keinen signifikanten Unterschied zeigt ( $\chi^2(3) = 1.67$ ,  $p = .642$ ), wird in der Folge mit dem sparsameren eindimensionalen Modell weitergearbeitet.

Tab. 2 Modellvergleich

| Modell          | CFI  | RMSEA | SRMR | df | $\chi^2$ | $\lambda_j$ |
|-----------------|------|-------|------|----|----------|-------------|
| dreidimensional | .955 | .041  | .039 | 17 | 25.01    | .222 - .592 |
| eindimensional  | .962 | .034  | .040 | 20 | 26.69    | .223 - .636 |

#### Demographische Variablen

Als demographische Variablen wurden die kognitive Leistungsfähigkeit (approximiert über die Note des Abiturs; Baron-Boldt et al., 1988, Schödl & Göring, 2017), das Geschlecht und das Studium eines naturwissenschaftlichen Unterrichtsfaches in das eindimensionale Modell aufgenommen. Da die Leistung über Textvignetten erhoben wurde, wird ferner die Muttersprache kontrolliert. Das spezifizierte Modell weist eine sehr gute Modellanpassungsgüte auf ( $\chi^2 = 48.37$ ,  $df = 48$ ,  $n = 289$ , CFI = .998, RMSEA = .005, SRMR = .039). Die kognitive Leistungsfähigkeit zeigt einen signifikanten Effekt:  $\beta = .17$ ,  $p = .023$ . Ferner verfügen männliche Lehrkräfte über einen leichten Wissensvorsprung ( $\beta = .16$ ,  $p = .043$ ). Der Effekt, ob ein naturwissenschaftliches Unterrichtsfach studiert wurde, wird nicht signifikant, bewegt sich allerdings im Rahmen eines Trends ( $\beta = .17$ ,  $p = .082$ ). Der Effekt der Muttersprache wird nicht signifikant ( $\beta = .07$ ,  $p = .307$ ).

#### Diskussion und Ausblick

Mit dem EKoL-NOS-Test wurde versucht, den Umgang von angehenden Lehrkräften mit NOS-Facetten mit Hilfe von Unterrichtsvignetten zu erfassen. Es lassen sich ein- und dreidimensionale Modelle spezifizieren, die eine gute Anpassungsgüte erreichen. Die in den Fachdidaktiken vorgenommene Differenzierung des Konstrukts in verschiedene NOS-Facetten lässt empirisch durch die Dimensionalitätsprüfung nicht die Annahme zu, dass es sich bei den Facetten um unabhängige Teilkonstrukte handelt, die sich überzeugend durch interindividuelle und systematisch unterschiedliche Ausprägungen abbilden lassen. Der Befund entspricht weiteren Studien (z.B. Neumann et al., 2011). Einschränkend sei allerdings darauf hingewiesen, dass der EKoL-NOS-Test nur drei Facetten der Elementarisierungen zu NOS abbildet. Ein weitere Facetten prüfendes Instrument könnte an dieser Stelle zu differenzierteren Ergebnissen kommen. Dennoch lässt sich die Eindimensionalität des Konstrukts nicht nur empirisch, sondern auch theoretisch begründen. So basiert das Konstrukt NOS auf einem erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Minimalkonsens, der sich in Facetten widerspiegelt, die theoretisch eng miteinander verbunden sind.

Die Befunde zu demographischen Hintergrundvariablen entsprechen weiteren aktuellen Untersuchungen zu fachdidaktischem Wissen naturwissenschaftlicher Fächer, auch hier zeigte sich ein leichter Wissensvorsprung bei männlichen Probanden (z.B. Schödl & Göring, 2017). Ausblickend sei angemerkt, dass der EKoL-NOS-Test mit Hilfe von diskriminanten und konvergierenden Konstrukten validiert werden konnte. Die Ergebnisse werden an anderer Stelle berichtet und diskutiert (Billion-Kramer et al., submitted).

## Literatur

- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Billion-Kramer, T., Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T. & Rehm, M. (submitted). Professionswissen angehender Lehrkräfte zum Konstrukt Nature of Science (NOS). Entwicklung und Validierung eines Vignettentestes (EKoL-NOS).
- Baron-Boldt, J., Schuler, H. & Funke, U. (1988). Prädiktive Validität von Schulabschlussnoten: Eine Metaanalyse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 2, 79-90.
- Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M. & Wilhelm, M. (2014). Using Vignette Testing to Measure Student Science Teachers' Professional Competencies. *American Journal of Educational Research*, 2(7), 555-558.
- Friesen, M., Kuntze, S. & Vogel, M. (2018). Videos, Texte oder Comics? Die Rolle des Vignettenformats bei der Erhebung fachdidaktischer Analysekompetenz zum Umgang mit Darstellungen im Mathematikunterricht. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß & T. Dörfler (Hrsg.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung. Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen*, S. 153-177. Wiesbaden: Springer.
- Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). Die Natur der Naturwissenschaft. In U. Gebhard, D. Höttecke & M. Rehm, *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Wiesbaden: Springer VS, 85-106.
- Höttecke, D. & Henke, A. (2010). Über die Natur der Naturwissenschaften lehren und lernen - Geschichte und Philosophie im Chemieunterricht? *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, Themenheft Natur der Naturwissenschaften, Heft 4+5, 2-7.
- Kuntze, S. (2015). Expertisemerkmale von Mathematiklehrkräften und anforderungshaltige Situierungen – Fragen an Untersuchungsdesigns. In F. Caluori, H. Linneweber-Lammerskitten & C. Streit (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2015* (S. 528-531). Münster: WTM-Verlag.
- Lederman, N. G. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning and teacher education*. Dordrecht: Springer, 301-317.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research in science education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Publishers, 831-879.
- Lederman, N.G., Lederman, J.S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147.
- McComas, W. F. (2014). Nature of Science. In W. F. McComas, *The Language of Science Education*. Rotterdam: Sense.
- Meschede, N., Steffensky, M., Wolters, M. & Möller, K. (2015). Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht: Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung. *Unterrichtswissenschaft*, 43 (4), 317-335.
- Neumann, I. & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 209-232.
- Neumann, I., Neumann, K., & Nehm, R. (2011). Evaluating instrument quality in science education: Rasch-based analyses of a Nature of Science test. *International Journal of Science Education*, 33(10), 1373-1405.
- Priemer, B. (2003). Ein diagnostischer Test zu Schüleransichten über Physik und Lernen von Physik - eine deutsche Version des Tests "Views About Science Survey". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 160-178.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159-175.
- Robitzsch, A., & Lüdtke, O. (2015). Kommentar zum Beitrag „Lokale Abhängigkeit von Items im TestDaF-Leseverstehen“ von Thomas Eckes. *Diagnostica*, 61(2), 107-109.
- Rutsch, J., Vogel, M., Rehm, M. & Dörfler, T. (2018). Modellierung der Testletstruktur bei vignetten-basierten Testverfahren mit geschlossenem Antwortformat. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß & T. Dörfler (Hrsg.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung. Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen*, S. 27-46. Wiesbaden: Springer.
- Schödl, A. & Göhring, A. (2017). Falko-P: Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften. In Krauss, S., Lindl, A., Schilcher, A., Fricke, M., Göhring, A., Hofmann, B., Kirchhoff, P. & Mulder, R. H. (Hrsg.), *FALKO: Fachspezifische Lehrerkompetenzen. Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik*, 199-244. Münster: Waxmann.
- Shavelson, R. J. (2013). On an approach to testing and modeling competence. *Educational Psychologist*, 48 (2), 73-86.

**Resistente Vorstellungen von Lehramtskandidaten über Nature of Science****Forschungsdesiderat und Forschungsfragen**

Die Reflexion der Entwicklung, der Geltungsansprüche und der Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse im Rahmen des Chemieunterrichts trägt dazu bei, dass Lernende „zu autonomen und mündigen Bürgern [heranwachsen], die sich in einer demokratischen Gesellschaft orientieren können“ (Reiners, 2017). Insbesondere vor der aktuellen Debatte um „Fake Science“ sollten die Lernenden zur kritischen Bewertung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Publikationen dementsprechend adäquate Vorstellungen über deren vermeintliche Grenzen besitzen, sich somit sowohl der Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse als auch ihrer Eingebundenheit in einen sozialen und kulturellen Kontext bewusst sein (McComas & Olson, 1998; Lederman et al., 2002; Osborne et al., 2003). Eine notwendige Bedingung für ein Verständnis dieser beiden Aspekte von „Nature of Science“ (NOS) auf Schülerseite stellen adäquate Vorstellungen auf Seiten der Lehrenden dar (Lederman, 1992). Studien zeigen jedoch, dass viele Lehramtsstudierende zu beiden Aspekten eher naive Ansichten besitzen (Abd-El-Khalick, 2006) und diese darüber hinaus besonders veränderungsresistent sind (Mesci & Schwartz, 2017). Als Grund für diese Veränderungsresistenz nennen Mesci und Schwartz (2017) u.a., dass die Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse dem Weltbild vieler zukünftiger Lehrender widerspricht. Angelehnt an Snow (1967), der eine große Kluft zwischen der geisteswissenschaftlichen und der naturwissenschaftlichen Kultur bemängelt, wird hieraus die Hypothese abgeleitet, dass die Vorstellungen der Studierenden über die Vorläufigkeit und sozio-kulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse deshalb so inadäquat und veränderungsresistent sind, weil beide Aspekte eher geisteswissenschaftlichen Erkenntnissen zugeordnet werden. Aus diesen Überlegungen ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

- Welche Vorstellungen besitzen Lehramtsstudierende über die Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse sowie über deren Eingebundenheit in einen sozialen und kulturellen Kontext und worin liegen die Ursprünge für diese Vorstellungen?
- Inwiefern lässt sich mithilfe von schulelevanten Kontexten und NOS-Aktivitäten ein adäquates und kompetenzorientiertes Verständnis (Allchin, 2011) der beiden Aspekte bei zukünftigen Chemielehrenden fördern?

**Forschungsdesign**

Insgesamt nahmen 42 Lehramtsstudierende der Universität zu Köln 2018 im Rahmen zweier parallel verlaufender chemiedidaktischer Seminare an einer Fallstudie teil, deren Aufbau in Abbildung 1 skizziert wird. Um die Vorstellungen der Studierenden über die beiden Aspekte „Vorläufigkeit“ und „Eingebundenheit in einen soziokulturellen Kontext“ sowie deren Ursprünge zu ermitteln, füllten die Studierenden zunächst einen halbstandardisierten Fragebogen mit offenen Fragen aus (Lederman et al., 2002; Höttecke, 2006). Zur Validierung des Fragebogens wurden jeweils drei Studierende beider Seminargruppen zusätzlich interviewt. Während der folgenden inhaltlichen Intervention erstellten die Studierenden Lernportfolios, ihr angefertigtes Arbeitsmaterial wurde eingesammelt und es wurde teilnehmend beobachtet. Im Anschluss an die Intervention gaben sie im Posttest mithilfe des Fragebogens bzw. in Interviews erneut Auskunft über ihre Vorstellungen. Die verschiedenen Datenerhebungsinstrumente zusammen sollen im Sinne einer Daten- und Methodentriangulation (Lamnek, 2010) möglichst valide Ergebnisse der Studie ermöglichen.

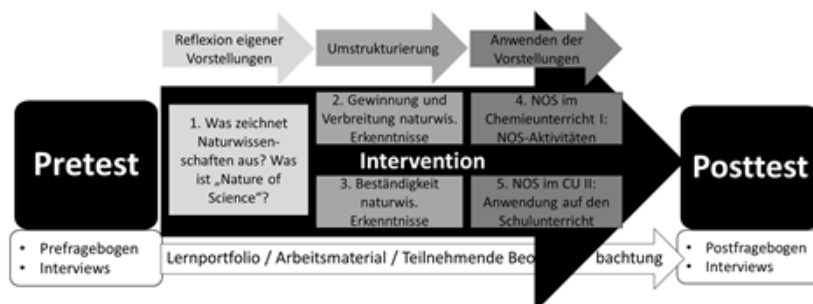


Abb. 1: Aufbau der Fallstudie

### Aufbau der Intervention

Der Conceptual-Change Theorie nach Posner, Strike et al. (1982) entsprechend gliederte sich die Intervention in drei Phasen: In der ersten Phase sollten die Studierenden ihre eigenen bisherigen Vorstellungen reflektieren. Dementsprechend setzten sie sich damit auseinander, was Naturwissenschaften auszeichnet. In der zweiten Phase erhielten die Studierenden die Möglichkeit, ihre Vorstellungen umzustrukturieren bzw. neue Vorstellungen aufzubauen. Zu diesem Zweck analysierten sie in einer Interventionseinheit unterrichtsnahe historische (z.B. „Fritz Haber und die Kampfstoffe“ (Bühler & Graf, 1998)) und aktuelle Fallbeispiele aus der Chemie (z.B. „Präsident Trump und die möglichen Folgen für die Forschung“ (SZ-Autoren, 16.11.16)), welche die Eingebundenheit von Forschung in soziale und kulturelle Kontexte verdeutlichen sollten. Die Vorläufigkeit verschiedener Erkenntnisarten (Theorien, Gesetze, Paradigmen...) wurde in einer weiteren Einheit anhand der Entwicklung der verschiedenen Atommodelle, der Phlogistontheorie, der Synthese von Edelgasverbindungen sowie der Entdeckung der Quasikristalle exemplarisch vermittelt. Die dritte Phase der Intervention diente schließlich der Anwendung der neuen Vorstellungen auf den Chemieunterricht. Hierfür untersuchten die Studierenden zunächst sogenannte dekontextualisierte Unterrichtsaktivitäten (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998), wie das BlackBox-Experiment (Schaer, 1991), welche zur Verdeutlichung des soziokulturellen Aspektes noch einmal modifiziert worden waren. Ergänzend analysierten die Studierenden im Rahmen der letzten Interventionseinheit die Bildungsstandards (KMK, 2005) und Kernlehrpläne (MSW NRW, 2014) und reflektierten kritisch Unterrichtsvignetten sowie Schulbuchausschnitte, in denen die beiden Aspekte eine Rolle spielen. Dabei wurden während der Intervention lernförderliche Rahmenbedingungen im Sinne der Conceptual-Change Theorie berücksichtigt, wie das Bieten von individuellen Lernzugängen, das Geben von Zeit für Austausch und Diskussion (Jonen, Möller & Hardy, 2003) sowie motivationale und affektive Faktoren (Scott, Asoko & Driver, 1991; Krüger, 2007).

### Erste Ergebnisse

Um der ersten Forschungsfrage entsprechend die Vorstellungen der Studierenden zu den beiden untersuchten NOS-Aspekten zu ermitteln, wurden die Fragebögen mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) ausgewertet und zwar in einer skalierenden Strukturierung. Dabei wurden die Vorstellungen der Studierenden - angelehnt an vergleichbare Studien (Lederman et al., 2002; Desaulniers Miller et al., 2010; Mesci & Schwartz, 2017) - den Kategorien naiv, inkonsistent, teilinformiert, informiert und „nicht erschließbar“ zugeordnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.



Tab. 1: Vorstellungen der Studierenden

| <b>Vorstellungen zur Vorläufigkeit</b>                                     |            |                |              |      |                    |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|----------------|--------------|------|--------------------|
|                                                                            | informiert | teilinformiert | inkonsistent | naiv | nicht erschließbar |
| Pretest                                                                    | 4          | 19             | 15           | 3    | 1                  |
| Posttest                                                                   | 13         | 18             | 7            | 4    | 0                  |
| <b>Vorstellungen zur Eingebundenheit in einen soziokulturellen Kontext</b> |            |                |              |      |                    |
|                                                                            | informiert | teilinformiert | inkonsistent | naiv | nicht erschließbar |
| Pretest                                                                    | 5          | 11             | 17           | 5    | 4                  |
| Posttest                                                                   | 13         | 20             | 7            | 0    | 2                  |

Die Vorstellungen der Studierenden vor der Intervention sind zwar relativ heterogen, jedoch überwiegend nur teilinformiert (Vorläufigkeit) bzw. inkonsistent (soziokultureller Kontext). Nach der Intervention besitzt ein Großteil der Studierenden eher informierte Vorstellungen. Zudem wurde anhand der von den Studierenden angeführten Beispiele zur Vorläufigkeit deutlich, dass die Studierenden ihre Vorstellungen im Posttest deutlich häufiger mit chemischen Inhalten verknüpfen. Dabei bleibt jedoch ein Teil der Probanden im Anschluss an die Intervention gleich informiert und besitzt vereinzelt sogar weniger informierte Vorstellungen als zuvor. Dementsprechend lässt sich feststellen, dass die Intervention zwar größtenteils zu höherer Informiertheit, vereinzelt aber auch zu Verunsicherung führte und die Veränderungsresistenz der Vorstellungen (insbesondere über die Vorläufigkeit) somit zumindest zum Teil bestätigt werden konnte. Darüber hinaus lässt sich an Aussagen von Studierenden exemplarisch zeigen, dass diese nach der Intervention mehr Gemeinsamkeiten zwischen Natur- und anderen Wissenschaften sehen. Demzufolge deutet sich ein Zusammenhang zwischen der Informiertheit über naturwissenschaftliche Erkenntnisse auf der einen Seite und dem Überbrücken der Kluft zwischen den zwei Kulturen (Snow, 1967) auf der anderen Seite an, den es künftig noch genauer zu belegen gilt.

Um die Ursprünge der Vorstellungen zu erfassen, wurden die Studierenden nach Erfahrungen und Eindrücken gefragt, die ihr Bild von der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung geprägt haben. Aus den gegebenen Antworten wurden mithilfe der induktiven Kategorienbildung nach Mayring (2015) die Hauptkategorien „Film und Fernsehen“, „Universität“, „Schule“, „Personen“, „Literatur“ und „Sonstiges“ gebildet. Während die betrachtete universitäre Intervention einen direkten Einfluss auf die Erfahrungen innerhalb der universitären Ausbildung üben kann und die Vermittlung eines adäquaten Bildes über die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Rahmen des Schulunterrichts ein langfristiges Ziel der Studie darstellt, lassen sich die genannten Filme, Fernsehsendungen und Bücher potenziell als zukünftige Seminarinhalte nutzen.

### Ausblick

Da die bisherigen Ergebnisse lediglich auf der Auswertung der Fragebögen beruhen, gilt es diese durch die Auswertung der weiteren erhobenen Daten abzusichern. Darüber hinaus soll die Intervention basierend auf den vorgestellten Ergebnissen im Rahmen einer weiteren zeitlich ausgedehnten Studie noch einmal überarbeitet werden. So gilt es beispielsweise die erhobenen Ursprünge inhaltlich zu berücksichtigen, um bei den Studierenden kognitive Konflikte im Sinne der Conceptual-Change Theorie anzuregen. Zudem stellt eine intensivere Anwendung auf den Chemieunterricht, beispielsweise durch das Erstellen von Arbeitsmaterial für Schülerinnen und Schüler, ein langfristiges Ziel des Forschungsansatzes dar. Diese neuen Maßnahmen sowie die bereits erprobten Ansätze sollen in ihrer Gesamtheit dazu beitragen, dass die Lehramtsstudierenden ein adäquates und praxisbezogenes Verständnis über die Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse sowie über deren Eingebundenheit in einen sozialen und kulturellen Kontext erwerben.

## Literatur

- Abd-El-Khalick, F. (2006). Over And Over And Over Again: College Students' Views of Nature of Science. In Flick, L. B. & Lederman, N. G. (Hrsg.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education* (S. 389-425). Dordrecht: Springer Verlag.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518–542.
- Bühler, A. & Graf, E. (1998). *Lesetexte für den Chemieunterricht: Kopiervorlagen für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Desautniers Miller, M. C., Montplaisir, L. M., Offerdahl, E. G., Cheng, F.-C. & Ketterling, G. L. (2010). Comparison of views of the nature of science between natural science and nonscience majors. *CBE-Life Sciences Education*, 9, 45-54.
- Höttecke, D. (2006). Studierende und die Natur der Naturwissenschaften. In Pitton, A. (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit neuen Medien. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik 2005 in Paderborn* (S. 287-289). Berlin: Lit-Verlag.
- Jonen, A., Möller, K. & Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In Cech, D. & Schwier, H.-J. (Hrsg.), *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht* (S. 93-108). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Krüger, D. (2007). Die Conceptual Change-Theorie. In Krüger, D. & Vogt, H. (Hrsg.), *Handbuch der Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 81-92). Heidelberg: Springer Verlag.
- Lamnek, S. (2010). *Qualitative Sozialforschung* (5. überarb. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In McComas, W. F. (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (S. 83-126). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of the Nature of Science. *Journal of Research on Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. überarb. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- McComas, W. F. & Olson, J. K. (1998). The nature of Science in international science education standard documents. In McComas, W. F. (Hrsg.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (41-52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mesci, G. & Schwartz, R. S. (2017). Changing preservice Teachers' views of nature of science: Why some conceptions may be more easily altered than others. *Res Sci Educ*, 47, 329-351.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen: Chemie*. Heftnummer 4723.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What "Ideas about Science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. H. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Reiners, C. S. (2017). *Chemie vermitteln: Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen*. Berlin und Heidelberg: Springer Spektrum.
- Schaer, M. (1991). Einführung in den Modellbegriff im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. In Wiebel, K. H. (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie GDGP-Tagung, Weingarten, 1990* (S. 183–185). Alsbach: Leuchtturm.
- Scott, P. H., Asoko, H. M. & Driver, R. H. (1991). Teaching for conceptual change: A review of strategies. In Duit, R., Goldberg, F. & Niederer, H. (Hrsg.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Proceedings of an international workshop* (S. 71-78). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München und Neuwied: Wolters Kluwer.
- Snow, C. P. (1967). *Die zwei Kulturen – Literarische und naturwissenschaftliche Intelligenz*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- SZ-Autoren (2016). Präsident Trump und die möglichen Folgen für die Forschung. Abgerufen am 19. April 2018 von <https://www.sueddeutsche.de/wissen/freiheit-der-forschung-will-trump-es-noch-wissen-1.3251992>.

## Vorstellungen von Studierenden zum naturwissenschaftlichen Arbeiten

### Theoretischer Hintergrund

Naturwissenschaftlicher Unterricht hat die Aufgabe, neben dem Aufbau naturwissenschaftlicher Vorstellungen auch angemessene Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften zu vermitteln (häufig mit Nature of Science (NOS) bezeichnet) (Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017). Eine besondere Herausforderung stellen in diesem Kontext Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen dar, da naturwissenschaftliche Arbeitsweisen unterschiedliche Funktionen im Unterricht erfüllen. Im Kontext von Nature of Science geht es um die Arbeitsweisen, mit denen Naturwissenschaftler zu neuen Erkenntnissen gelangen. Aus einer fachdidaktischen Perspektive meinen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen vor allem methodische Kompetenzen, die Schülerinnen und Schüler im Unterricht (insbesondere im Kontext von Schülerexperimenten) erwerben sollen. Darüber hinaus dienen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen auch als Orientierung für die methodische Gestaltung von Unterricht, wenn es darum geht Fachwissen zu vermitteln. Werden die Perspektiven nicht klar differenziert, kann ein verzerrtes Bild der Naturwissenschaften entstehen. Ein verbreiteter Mythos ist zum Beispiel, dass es eine bestimmte Schritt-für-Schritt-Methode gibt, nach der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vorgehen, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen (McComas, 1998). Tatsächlich gibt es eine solche einheitliche Methode in der Naturwissenschaft aber nicht (Lederman et al., 2002; Osborne et al., 2003). In Schulbüchern tritt diese Vermischung der Bedeutungen naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen besonders deutlich zu Tage, wenn beschrieben wird, wie Naturwissenschaftler arbeiten und damit gleichzeitig ein Bezug zum Experimentieren im Unterricht hergestellt wird. Aus didaktischer Perspektive mag es Argumente für ein Schematisieren des Experimentierens geben. Als Lehrkraft muss aber zumindest die Problematik erkannt werden.

Im Projekt „Contemporary Science in der Lehrerbildung“ wurde eine Lernumgebung konzipiert, die Studierenden Einblicke in die tatsächlichen Forschungsprozesse der Naturwissenschaften gewährt. Inwieweit dies zu einer veränderten Sicht auf naturwissenschaftliche Arbeitsweisen führt, ist Gegenstand der Begleituntersuchung und der nachfolgenden Teilauswertung von Interviewdaten. (Zum Seminarkonzept und zur Anlage des Projekts siehe Roetger & Wodzinski, 2018a und Roetger & Wodzinski, 2018b).

### Methodisches Vorgehen

Zur Erfassung der Wirkungen des Seminars auf die NOS-Vorstellungen von Studierenden wurden verschiedene Instrumente eingesetzt. Neben einem begleitenden Portfolio wurde ein Interview im Prä-Post-Design genutzt. In einem Teilabschnitt des Interviews werden den Studierenden zwei verschiedene Schulbuchauszüge (Spektrum Physik 1, Hessen, Schroedel, 2011, S.10; Impulse Physik Sekundarstufe I, Klett, 2015, S.11) vorgelegt, die beschreiben, wie Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler vorgehen, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen. Die Studierenden werden gefragt, inwiefern sie mit der inhaltlichen Darstellung der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen übereinstimmen. Auf diese Weise sollen die Vorstellungen der Studierenden sowie mögliche Vorstellungsänderungen mithilfe einer - bezogen auf die Unterrichtspraxis - authentischen Aufgabe erfasst werden.

Es wird erwartet, dass Studierende zu Beginn des Seminars die Darstellungen der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen - basierend auf ihren Erfahrungen aus der Schule und physikalischen Praktika - tendenziell weniger kritisch sehen, nach der Auseinandersetzung mit

den Arbeitsweisen moderner naturwissenschaftlicher Forschung im Seminar jedoch die Unzulänglichkeiten in den Schulbuchdarstellungen klarer erkennen und benennen. Zur Kategorisierung der Vorstellungen der Studierenden wurde ein deduktives Kategoriensystem (bestehend aus 14 Dimensionen) auf der Basis der Kerndimensionen von Nature of Science nach Urhahne, Kremer und Mayer (2008) und der Delphi-Studie von Osborne et al. (2003) entwickelt. Eine Dimension beinhaltet Vorstellungen zu einem Teilaspekt der Natur der Naturwissenschaft, z.B. zur Rolle des Experiments im Erkenntnisprozess. Anhand vorliegender Studien von Lederman et al. (2002), Abd-El-Khalick & Lederman (2000) und Urhahne et al. (2008) wurden zu jeder Dimension naive und angemessene Vorstellungen herausgearbeitet, und in entsprechende Kategorisierungsregeln übersetzt, mit denen die Aussagen der Studierenden kodiert wurden. Zur Illustration ist ein Beispiel der naiven Vorstellung zur Dimension „naturwissenschaftliche Methode – allgemeines Vorgehen“ in Tabelle 1 dargestellt.

*Tabelle. 1: Beispiel der naiven Vorstellung der Dimension „naturwissenschaftliche Methode-allgemeines Vorgehen“.*

| Naive Vorstellung                                                                                                                                                   | Regel                                                                                                                                                    | Ankerbeispiel                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Es gibt eine einheitliche Schritt-für-Schritt-Methode, nach der Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler vorgehen, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen. | In der Aussage wird deutlich, dass es <b>nur eine einzige Methode</b> (Schritt-für-Schritt Abfolge) gibt, wie neue Erkenntnisse generiert werden können. | „Das ist genau die Methode, die klassische Methode, nach der Naturwissenschaftler immer vorgehen.“ – S20m |

Um die Bandbreite möglicher Aspekte zur Beurteilung der Schulbuchauszüge einzuschätzen, wurden die Schulbuchauszüge mit dem erstellten Kategoriensystem analysiert. Die Schulbuchauszüge decken zusammen 10 von 14 Dimensionen des Kategoriensystems ab und zeigen insgesamt eine überwiegend naive Sicht auf das naturwissenschaftliche Vorgehen. Dies wird bereits durch die Überschriften „Vorgehensweise zum Auffinden von Ergebnissen“ und „Wie man in der Physik Gesetze findet“, wie auch durch eine klare Darstellung eines schematischen Ablaufs deutlich.

### Ergebnisse

Ausgewertet wurden die Interviewdaten von 23 Studierenden der Seminardurchgänge im Sommersemester 2017 (N=17, 4 w, 13 m) und Wintersemester 2017/18 (N=6, 5 w, 1 m). Die Aussagen der Studierenden zu dem relevanten Interviewausschnitt wurden anhand des deduktiv erstellten Kategoriensystems eingeordnet. Dabei wurde jedes Interview von zwei Personen kodiert. Bei Uneinigkeiten wurde eine dritte Meinung eingeholt, sodass am Ende nur übereinstimmend kodierte Passagen berücksichtigt wurden.

Im gesamten Datenmaterial wurden mit Ausnahme einer Dimension alle zu erwarteten Dimensionen adressiert. Die Dimensionen „naturwissenschaftliche Methode – allgemeines Vorgehen“, „Experiment – kritische Überprüfung“ und „wiederholtes Fragenstellen“ wurden sowohl im Prä- als auch im Post-Interview am häufigsten kodiert.

#### *Ergebnisse zur Dimension „naturwissenschaftliche Methode – allgemeines Vorgehen“*

Die Dimension „naturwissenschaftliche Methode – allgemeines Vorgehen“ erfasst Vorstellungen zu der Frage, ob es eine einheitliche naturwissenschaftliche Methode gibt. Sie ist für beide Schulbuchauszüge zentral. Im Prä-Interview werden bei elf von 23 Studierenden naive Vorstellungen und bei sechs Studierenden angemessene Vorstellungen zu dieser Dimension

deutlich. Ein Student (S11m) äußert sich uneindeutig („Besonderes gut finde ich den klaren Ablauf, eine klare Struktur irgendwie [...], wie so etwas von statten geht“ und später „Und was ich auch kritisch finde, ist, dass ich denke, dass diese Reihenfolge, denke ich, nicht starr ist.“). Insgesamt gehen fünf Studierende im Prä-Interview nicht auf diesen Aspekt ein. Im Post-Interview werden noch bei drei Studierenden naive Vorstellungen, bei 17 Studierenden dagegen angemessene Vorstellungen deutlich. Nur noch drei Studierende äußern sich nicht zu diesem Aspekt. Insgesamt steigt der Anteil angemessener Vorstellungen im Postinterview.

Betrachtet man die Veränderungen individuell für jeden Studierenden, zeigt sich bei neun von 23 Studierenden eine positive Veränderung, d.h. eine Veränderung von naiven zu angemessenen Vorstellungen. Zum Beispiel sagt der Student S10m im Prä-Interview: „Ja, ich stimme mit der Reihenfolge überein. Die finde ich gut.“ Im Post-Interview dagegen sagt der Student „Kritisch sehe ich die Reihenfolge, die ist ja nicht immer so.“ Bei keinem Studierenden findet eine negative Veränderung statt. Von den drei Studierenden, die sich erst im Post-Interview zur Dimension äußern, zeigen zwei Studierende angemessene Vorstellungen, der dritte eher naive Vorstellungen.

Insgesamt werden bei sechs von 23 Studierenden sowohl im Prä- als auch im Post-Interview angemessene Vorstellungen deutlich. Bei drei Studierenden wiederholen sich naive Vorstellungen auch im Post-Interview. Beispielsweise sagt der Student S01m im Prä-Interview: „Die Reihenfolge ist gut. So habe ich das auch gelernt“ und im Post-Interview „Ich stimme besonders mit der Reihenfolge überein“.

Insgesamt zeigt sich auch auf der Individualebene, dass sich die Vorstellungen der Studierenden, wie in den Naturwissenschaften vorgegangen wird, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen, bei etwa der Hälfte der Studierenden in Richtung angemessener Vorstellungen verändern.

#### *Ergebnisse für die weiteren Dimensionen*

Werden zusätzlich die anderen auftretenden Dimensionen berücksichtigt, werden im Prä-Interview im Durchschnitt pro Interview 0,87 (SD=0,90) naive Vorstellungen und 1,87 (SD=1,23) angemessene Vorstellungen kodiert, wobei Mehrfachnennungen von naiven oder angemessenen Vorstellungen einer Dimension einfach gezählt werden. Im Post-Interview dagegen werden im Durchschnitt pro Interview 0,52 (SD=0,65) naive Vorstellungen und 2,43 (SD=1,14) angemessene Vorstellungen deutlich. Die Ergebnisse entsprechen damit den zuvor formulierten Erwartungen.

#### **Fazit und Ausblick**

Die Ergebnisse stützen die Vermutung, dass der Aufenthalt in der Forschungsgruppe als zentrales Element der Lernumgebung die Vorstellungen der Studierenden zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen in positiver Weise verändert.

Die Beurteilung von Schulbuchauszügen ist geeignet, Veränderungen in den Vorstellungen der Studierenden abzubilden, allerdings gehen bei der Kodierung der Aussagen viele Detailinformationen verloren. Einzelfallanalysen unter Einbeziehung der anderen Interviewteile und der Portfolios sollen den Veränderungsprozess noch detaillierter abbilden und helfen, mögliche Einflussfaktoren der Lernumgebung auf den Lernprozess der Studierenden zu identifizieren.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben „Professionalisierung durch Vernetzung“ (PRONET) wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1505 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

### Literatur

- Abd-El-Khalick, F., Lederman, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Ein Studienbuch. Wiesbaden: Springer.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., Schwartz, R.S. (2002): Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- McComas, W.F. (1998). The principal elements of nature of science: dispelling the myths. In W.F. McComas (Ed.) (pp. 53-70), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692-720.
- Roetger, R. & Wodzinski, R. (2018a). Wie arbeiten Naturwissenschaftler wirklich?. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 110-112). Universität Regensburg
- Roetger, R. & Wodzinski, R. (2018b). Naturwissenschaftliches Arbeiten in Forschung und Physikunterricht. In Meier, M., Ziepprecht, K. & Mayer, J. (Hrsg.). *Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen*. Münster: Waxmann, S. 93-105.
- Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. In: *Unterrichtswissenschaft*, 2008, 36 (1), S.71-93.

### **Projekt StoryTelling – Ausgewählte Aspekte der Evaluation**

Das Projekt StoryTelling an der Europa-Universität Flensburg entstand in der Folge des von der EU geförderten Projekts Storytelling Teaching Method (vgl. Kokkotas & Kokkotas 2014). Auch wenn erste Arbeiten zu narrativen Ansätzen in der naturwissenschaftlichen Bildung aus Europa stammen (Kubli 1996, 2001), so finden sich doch die meisten Arbeiten zum Storytelling-Ansatz heute im nordamerikanischen Raum. Zentral ist hier insbesondere die Gruppe in Winnipeg um Stephen Klassen und Art Stinner (Metz et al. 2007, Klassen 2009, 2010, Klassen & Froese Klassen 2014), daneben haben aber auch Michael Clough und Douglas Allchin entsprechende Ansätze entwickelt (Allchin 2012, Clough 2011). Die wesentlichen Kennzeichen des Storytelling-Ansatzes bestehen dabei darin, dass historische Figuren Protagonistinnen und Protagonisten der jeweiligen Geschichten sind und diese neben den historischen auch naturwissenschaftliche Inhalte haben (vgl. Froese-Klassen 2013). Daneben ist ein weiteres wesentliches Kennzeichen, dass angestrebt wird, mittels des Ansatzes auch den Bereich Nature of Science (NOS) anzusprechen.

Strukturell kann die Geschichte dadurch beschrieben werden, dass sie die Entwicklung von einer Ausgangssituation über ein oder mehrere Ereignisse zu einer Endsituation darstellt. “The outcome of the story hinges on a critical choice made by the main character. Without agency or deliberate consequential actions on the part of the protagonist, the text remains a mere chronology or storyline because agency invites the causal element which turns a storyline into a plot.” (Froese Klassen 2013)

Im Gegensatz zu den nordamerikanischen Ansätzen liegt beim Flensburger Projekt StoryTelling der Schwerpunkt auf dem mündlichen Erzählen. Die Geschichte wird also nicht vorgelesen oder den Schülerinnen und Schülern als Text zum Lesen gegeben, sondern durch die Lehrkraft erzählt. Dies bedingt, dass die Lehrkraft sich die Geschichte derart erarbeiten muss, dass diese als eigene Version erzählt wird, also ein „ownership“ geschaffen worden ist.<sup>1</sup> Die Transformation einer Geschichte in eine Story ist nicht unbedingt Teil des methodischen Repertoires von Lehrkräften, daher werden hierzu eintägige Fortbildungen gemeinsam mit einem professionellen Erzähler (M. Ellrodt) angeboten. Hierbei erhalten die Lehrkräfte bereits vor der Fortbildung einen link zu der StoryTelling-Webseite (<https://www.uni-flensburg.de/storytelling/>), auf der sie eine Geschichte sowie den zugehörigen historischen Hintergrund finden. Vor Beginn der Fortbildung haben sie sich mit diesen Materialien vertraut gemacht, die Geschichte werden sie im Laufe der Fortbildung in eine Story transformieren.

UDiese Fortbildungen werden mit einem Prä-Post-Follow-up-Design evaluiert. Hierbei werden mit dem Fragebogen des Prä-Testes die Erwartungen und Vorerfahrungen der Lehrkräfte erhoben. Der Post-Test wird unmittelbar im Anschluss an die Fortbildung durchgeführt, mit ihm wird insbesondere die Perspektive auf die Anwendbarkeit abgefragt. Die Follow-up-Befragung untersuchte den Einsatz des StoryTellings und hier insbesondere die Intentionen. Sie erfolgt mehrere Monate nach der Fortbildung, indem den teilnehmenden Lehrkräften mit deren Einverständnis ein link zu einem Onlinefragebogen zugeschickt wurde.

<sup>1</sup> Um den Unterschied sprachlich zu repräsentieren wird hier bei dem schriftlichen Text von Geschichte, bei der erzählten Version von Story gesprochen werden. Für eine ausführlichere Vorstellung des Projekts StoryTelling siehe Heering (2016, 2015).

Während die ersten beiden Befragungen einen Rücklauf von nahe 100% hatten war dies bei der Online-Befragung anders, hier lag der Rücklauf aber immerhin noch über 25%.

Nachdem die Befragungsinstrumente 2014 im Rahmen einer Pilotstudie mit insgesamt 27 Lehrkräften erprobt worden waren, wurde in der Hauptstudie, die im Rahmen von Fortbildungen in Bayern und Schleswig-Holstein durchgeführt wurde, mit etwa 100 Lehrkräften gearbeitet. Verwendet wurden dichotome und offene Items sowie 5-stufige Likert-skalierte Items, deren Auswahl von „trifft vollkommen zu“ bis „trifft gar nicht zu“ reichte. Im Prä-Test wurden u.a. Items verwendet, mit denen die Rolle von NOS-Inhalten für den jeweiligen Unterricht abgefragt wurden; hierzu wurden u.a. eine Reihe der dichotomen Items verwendet.<sup>2</sup> Hierbei ergab sich, dass derartige Inhalte zumindest grundsätzlich Bestandteil des Unterrichts sind:

| Item                                                                                                | Ja | Nein |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|
| Haben Sie Fragen wie „Was ist Naturwissenschaft“ behandelt?                                         | 81 | 18   |
| Haben Sie Fragen behandelt wie „Was sind Kennzeichen der naturwissenschaftlichen Methode“?          | 72 | 27   |
| Heben Sie Themen behandelt wie „Erkenntnistheoretische Aspekte und naturwissenschaftliches Wissen“? | 70 | 31   |
| Waren historische Inhalte Teil Ihres Unterrichts?                                                   | 82 | 21   |

Es versteht sich, dass die Antwort auf diese Items noch nichts über den Umfang oder die Qualität der behandelten Inhalte aussagt, und es versteht sich auch, dass die Teilnehmenden an den Fortbildungen nicht notwendigerweise repräsentativ für Lehrkräfte mit naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern sind. Nichts desto trotz wird deutlich, dass diese Lehrkräfte Fragestellungen, die dem Bereich NOS zuzuordnen sind, ebenso in ihrem Unterricht behandeln wie historische Inhalte.

Im Post-Test wurden ebenfalls dichotome Items verwendet, auch hier seien lediglich einige Ergebnisse präsentiert:

| Item                                                        | Ja  | Weiß nicht | Nein |
|-------------------------------------------------------------|-----|------------|------|
| War die Fortbildung sinnvoll für Ihre Unterrichtspraxis?    | 105 | 0          | 0    |
| Beabsichtigen Sie, eine Story im Unterricht zu erzählen?    | 93  | 0          | 9    |
| Beabsichtigen Sie, die historischen Hintergründe zu nutzen? | 70  | 7          | 4    |
| Beabsichtigen Sie, die didaktischen Materialien zu nutzen   | 47  | 40         | 14   |

Es wird deutlich, dass die Fortbildung durchweg als sinnvoll wahrgenommen wurde, daneben wird aber auch deutlich, dass weniger als die Hälfte der Lehrkräfte auf die auf der Webseite bereitgestellten didaktischen Materialien zurückgreifen würden. Dies ist insofern nicht überraschend, als diese auch nicht Teil der Vorbereitung waren (auch wenn einige der teilnehmenden Lehrkräfte sich die entsprechenden Materialien bereits angeschaut haben können) und insofern gerade der hohe Teil der unentschlossenen Befragten nicht überraschend ist.

<sup>2</sup> In der Pilotstudie wurde explizit danach gefragt, ob NOS-Inhalte im Unterricht thematisiert werden – hierbei zeigte sich, dass fast allen der teilnehmenden Lehrkräfte der Begriff (oder der der *Natur der Naturwissenschaften*) nicht vertraut ist – daher wurden in der Hauptstudie entsprechend modifizierte Items verwendet.



Daneben wurden aber auch in den Fragebögen Likert-skalierte Items verwendet, diese sahen beispielsweise in Prä-Test wie folgt aus:

**Wovon bzw. was erzählen Sie im Unterricht?**

2.6 Erzählen von Experimenten, die nicht in der Klasse durchgeführt werden können (mir im Unterricht aber wichtig sind).

trifft ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft gar vollkommen nicht zu

In der Auswertung der Antworten wurden die Optionen mit einem score versehen, dabei entsprach die absolut positive Antwort einem score von „1“, die ganz ablehnende einem score von „5“. Hiermit ist es dann möglich, die Antworten auf die einzelnen Items in Form von Boxplots darzustellen. Dies wird an Abb. 1 deutlich, in dem aufgetragen ist, in welchem Maße Lehrkräfte in verschiedenen Bereichen bereits vor der Fortbildung erzählten:

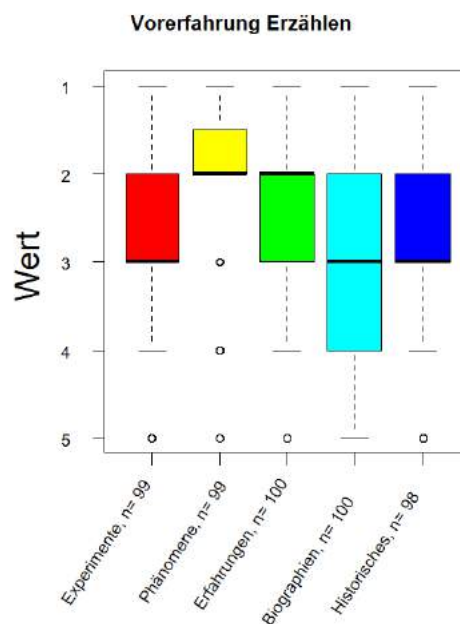


Abb. 1: Prä-Test: Vorerfahrung im Erzählen

Für eine differenzierte Auswertung derartiger Items wird mit dem Wilcoxon Rangsummentest untersucht, ob das Antwortverhalten bei verschiedenen Items unterscheidbar ist.

Neben derartigen Items wurde im Post-Test beispielsweise abgefragt, welche Wirkungen auf die Schülerinnen und Schüler die Lehrkräfte bei dem Einsatz des Ansatzes erwarten würden. Hierbei zeigte sich, dass die Items „Steigerung der Motivation“ und „Steigerung des Interesses“ signifikant höhere scores erreichten als die anderen Items. Die Auswertung ist aber noch nicht abgeschlossen, speziell die Antworten auf die offenen Items müssen noch ausgewertet werden.

Christiane Blum evaluierte die Pilotstudie und entwickelte die Instrumente für die Hauptstudie; Martin Panusch unterstützte die Evaluation der Hauptstudie. Beiden bin ich zu großem Dank für die Unterstützung in dem Projekt verpflichtet.

### Literatur

- Allchin, D. (2012). The Minnesota Case Study Collection: New Historical Inquiry Case Studies for Nature of Science Education. *Science & Education*, 21(9), 1263-1281.
- Clough, M. P. (2011). The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. *Science & Education*, 20(7-8), 701-717.
- Froese Klassen, C. (2013). "Stories" Created for Science Teaching: A Critical Analysis. In P. Heering, S. Klassen, & D. Metz (Eds.), *Enabling Scientific Understanding through Historical Instruments and Experiments in Formal and Non-Formal Learning Environments*. Flensburg: Flensburg University Press, 323 - 336.
- Heering, P. (2016). Geschichten erzählen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *MNU Journal* 3/2016, 171-176
- Heering, P. (2015). Storytelling im Physikunterricht: Ein Ansatz zum Einbezug physikgeschichtlicher Inhalte. In: *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule* 64(6), 2015, 13-17
- Klassen, S. (2010). The Relation of Story Structure to a Model of Conceptual Change in Science Learning. *Science & Education*, 19(3), 305-317
- Klassen, S. (2009). The Relation of Story Structure to a Model of Conceptual Change in Science Learning. *Science & Education*, 19(3), 305-317.
- Klassen, S., & Froese Klassen, C. (2014). Science teaching with stories: Theoretical and practical perspectives. In M. R. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (Vol. 2, pp. 1503-1529). Dordrecht: Springer.
- Kokkotas, P. V., & Kokkotas, S. (Eds.). (2014). *Storytelling in Science Education - Experiences and Perspectives: CreateSpace*
- Kubli, F. (2001). Can the Theory of Narratives Help Teachers to Become Better Storytellers? *Science & Education*, 10 (6), 595-599.
- Kubli, F. (1996). Erzählen in konstruktivistischer Sicht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2(2), 39-50
- Metz, D., Klassen, S., McMillan, B., Clough, M., & Olson, J. (2007). Building a Foundation for the Use of Historical Narratives. *Science & Education*, 16(3-5), 313-334.

Andreas Nehring<sup>1</sup>  
 Martin Schwichow<sup>2</sup>  
 Christoph Gut-Glanzmann<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universität Hannover  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Freiburg  
<sup>3</sup>Pädagogische Hochschule Zürich

## **Symposium „Experimentelle ‚Kompetenz‘ – ein nützliches Konstrukt?“**

### **Ein zentrales Konzept der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung, ...**

Die Modellierung, Erfassung und Förderung von Dispositionen und Handlungen erfolgreichen Experimentierens im Sinne einer „experimentellen Kompetenz“ wurden in den letzten Jahrzehnten in unzähligen naturwissenschaftsdidaktischen Forschungs- und Entwicklungsprojekten vorgenommen. Dabei geht man von einer erlern- und förderbaren Leistungsdisposition aus, die Schülerinnen und Schüler befähigen soll, naturwissenschaftliche Experimente erfolgreich umzusetzen und damit verbundene Probleme in „variablen Situationen erfolgreich“ zu lösen (Weinert, 2001, 27)

Entsprechend eines Verständnisses von Kompetenzen als „latent cognitive and affective-motivational underpinning of domain-specific performance in varying situations“, kann erst durch die Beobachtung konkreter experimentierbezogener Handlungen – sei es in Real-, Simulations- oder Papier-Bleistift-Situationen – auf experimentelle Kompetenz geschlossen werden. Je nach Studie werden Kompetenzen dabei näher an einer eher dispositionellen Seite, z. B. im Rahmen von Papier-Bleistift-Test, oder an ihrer handlungsnahen Seite, z. B. bei der systematischen Beobachtung des Experimentierverhaltens in Realsituationen, erfasst.

### **... das bisher nicht richtig verstanden wurde?**

Blömeke, Gustafsson und Shavelson (2015) verweisen zurecht darauf, dass diese Ansätze nicht als sich ausschließende Pole verstanden werden sollten, sondern vielmehr als Facetten desselben Konstrukts, die sich auf einem Kontinuum verorten. Jedoch zeigen Befunde bisheriger naturwissenschaftsdidaktischer Forschung, dass Schülerinnen und Schülern eine geringe Stabilität in der Performanz in „variablen“ Experimentiersituationen aufweisen. Weiterhin hängen die Experimentierfähigkeiten stark vom Fachwissen und der Intelligenz ab. Diese Befunde stellen das Wesen dieses Konstrukts grundsätzlich in Frage.

Zudem hängt die Performanz der Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren nicht nur vom Fachkontext, sondern letztlich auch vom Testzeitpunkt ab (Shavelson, Ruiz-Primo, & Wiley, 1999). Diese zeitliche Instabilität der Performanz kann nun dahingehend interpretiert werden, dass die untersuchten Schülerinnen und Schüler trotz entsprechender Schulcurricula oder Studieninterventionen immer noch „experimentelle Novizen“ sind (Nehring, Stiller, Nowak, Upmeyer zu Belzen & Tiemann, 2016). Es stellt sich daher die Gegenfrage, inwiefern in den Studien versucht wird, eine Kompetenz bei Schülerinnen und Schülern zu messen, die sich noch gar nicht ausgebildet hat (Köller & Parchmann, 2012).

Ob sich diese Befundlage also auf einen eher unreflektierten Umgang mit der Konzeptualisierung von Kompetenzen zwischen Disposition und Performanz zurückführen lassen oder auf die Tatsache, dass versucht wird, etwas zu messen, was sich nur schwer als Kompetenz ausbildet, und inwiefern „experimentelle Kompetenz“ sich zur Beschreibung einer eher eigenständigen Disposition zum erfolgreichen Experimentieren auch bei Schülerinnen und Schülern der obligatorischen Schule eignet, ist nach zahlreichen Studien in diesem Feld kaum weiter untersucht und diskutiert worden.

### **Zielstellungen und Beiträge des Symposiums**

Vor diesem Hintergrund versammelte das Symposium „Experimentelle ‚Kompetenz‘ – ein nützliches Konstrukt?“ empirische Beiträge zur empirisch fundierten Diskussion des

Konstrukts „experimenteller Kompetenz“ zwischen eher dispositionellen und eher handlungsnahen Verortungen.

Folgende Vorträge wurden im Symposium vorgestellt und diskutiert:

- *Martin Schwichow & Andreas Nehring*: Variablenkontrolle im Experiment: Kompetenz durch höheres Wissen?
- *Angela Bonetti, Christoph Gut, Susanne Metzger & Maik Walpuski*: Performanz beim Experimentieren mit und ohne Experimentiermaterial
- *Johanna Kranz, Katrin Kaufmann, Tobias Tempel & Andrea Möller*: Förderung experimenteller Kompetenzen durch Handlungsorientierung?
- *Martina Brandenburger & Silke Mikelskis-Seifert*: Facetten experimenteller Kompetenz in den Naturwissenschaften

Die Beiträge geben Einblicke in Möglichkeiten der Operationalisierung und Förderung experimenteller Kompetenz und zeigen auf, wie bedeutsam eine systematische Verortung zwischen Disposition und Handlungsnahe für ein vertieftes Verständnis dieses Konstrukts ist.

### Literatur

- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond dichotomies. Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift Für Psychologie*, 223(1), 3–13.
- Köller, O., & Parchmann, I. (2012). Competencies: the German notion of learning outcomes. In S. Bernholt, K. Neumann, & P. Nentwig (Eds.), *Making it tangible – learning outcomes in science education* (pp. 151–171). Münster: Waxmann.
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeyer zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22 (1), 77–96. doi.org/10.1007/s40573-016-0043-2
- Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A., & Wiley, E. W. (1999). Note on sources of sampling variability in science performance assessments. *Journal of Educational Measurement*, 36(1), 61–71.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Ed.), *Leistungsmessung in Schulen* (pp. 17–31). Weinheim: Beltz.

Angela Bonetti<sup>1, 3</sup>  
 Christoph Gut<sup>1</sup>  
 Susanne Metzger<sup>2</sup>  
 Maik Walpuski<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PH Zürich

<sup>2</sup>PH FHNW

<sup>3</sup>Universität Duisburg-Essen

## **Performanz beim Experimentieren mit und ohne Experimentiermaterial**

### **Einleitung & Übersicht**

Das praktische Experimentieren mit Experimentiermaterial im Sinne der Untersuchung kausaler Zusammenhänge stellt an Schülerinnen und Schüler Anforderungen, die über das reine Wissen der dazu notwendigen Experimentierstrategien, wie beispielsweise die Variablenkontrollstrategie beim Planen von Versuchsanordnungen, hinausgehen. U. a. erweist sich der Aufgabenkontext als ein Faktor, der individuell die Performanz beim praktischen Experimentieren wesentlich beeinflusst (z. B. Shavelson et al., 1999). Dieses Ergebnis wirft die Fragen auf, inwiefern das praktische Experimentieren eine eigenständige Kompetenz ist, bzw. welche Wissensarten die Performanz beim praktischen Experimentieren bestimmen.

Im Projekt „ExKoNawi“ (Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften) werden die experimentellen Kompetenzen nach dem Problemtypen-Ansatz modelliert (Gut et al., 2014). Ziel der laufenden Studie ist es unter anderem, das entstandene Messinstrument über drei Problemtypen extern zu validieren (Messick, 1996; Leuders, 2014). In der folgenden Teilauswertung werden nur die Daten aus den Tests mit dem Problemtyp Untersuchen, der die Variablenkontrollstrategie mit beinhaltet, dargelegt. (Für einen ausführlicheren Beschrieb der gesamten Studie siehe Bonetti et al., 2017.) Im Rahmen des Projekts bearbeiteten Schülerinnen und Schüler (aller Leistungsniveaus) jeweils vier von insgesamt sechs Hands-on Aufgaben zum „Untersuchen von Zusammenhängen“ aus nicht curricularen biologischen, chemischen und physikalischen Kontexten. Neben weiteren Begleitskalen wurden kognitive Fähigkeiten, die Lesegeschwindigkeit und das Strategiewissen der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen erhoben. Um obenstehende Fragen zu beantworten, werden erste ausgewählte Resultate der Studie präsentiert und diskutiert.

### **Design & Stichprobenziehung**

Während vierer Testzeitpunkte (TZP) lösten rund 470 Zürcher Schülerinnen und Schüler der 8. Jahrgangsstufe in Einzelarbeit insgesamt 12 experimentelle Hands-on Aufgaben (zu jedem TZP drei Aufgaben, jeweils zu einer Unit zusammengefasst). Da zu jedem TZP auch eine Untersuchungsaufgabe bearbeitet wurde, bearbeitete jede/r Schüler/in vier von sechs Untersuchungsaufgaben, welche in einem Multi Matrix Design verteilt wurden. Zusätzlich wurden, neben weiteren hier nicht weiter ausgeführten Fragebögen, zu jedem TZP externe Faktoren miterhoben. Zum ersten TZP wurde für das Strategiewissen der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen der NAW-Test (Koenen, 2014; Mannel, 2011) eingesetzt, zum dritten TZP für die kognitiven Fähigkeiten die Subskalen N1 und Q2 des KFTs (Heller & Perleth, 2000) und zum vierten TZP die Subskala V1 zusammen mit dem Salzburger Lesescreening (SLS) (Mayringer & Wimmer, 2014) für die Messung der sprachlichen Fähigkeiten (Lesegeschwindigkeit). Beim NAW-Test wurde für jedes Leistungsniveau ein eigenes Testheft verwendet, wobei insgesamt 25 Items unterschiedlich zu drei Testheften à 19 (Sek B/C), 20 (Sek A), respektive 21 Items (Gymnasium) zusammengestellt wurden.

### Datenaufbereitung, Datenanalyse & Resultate

**Untersuchungsaufgaben:** Als Basis für die Kodierung der Protokolle dienten die Manuale der vorausgegangenen Pilotstudien. Pro Aufgabe konnten maximal 4 Punkte erreicht werden, welche mittels 16 Indikatoren erhoben wurden. An der Kodierung waren vier Personen beteiligt, welche nach einer Trainingsphase 15% der Testhefte doppelt kodiert haben. Dabei wurden folgende Kriterien für die Objektivität erreicht:  $\kappa \geq 0.61$  oder Gwet's AC1  $\geq 0.81$  bei PÜ  $\geq 85\%$ . Die Daten wurden anschließend von einer Person in der Masterspur kodiert. Die erhaltenen Daten der experimentellen Aufgaben (*partial credit*) wurden mittels Rasch-Skalierung (ConQuest) auf die Reliabilität geprüft. Für eine Übersicht der erhaltenen Werte und die DIF-Analysen zum Geschlecht und zum Leistungsniveau siehe Tab. 1a. Es zeigt sich anhand der Reliabilität, dass mit den 6 Untersuchungs-Aufgaben eine experimentelle Kompetenz gemessen werden kann. Dabei weisen die Items gute Infit- / Outfit-Werte auf. Die DIF-Analyse zum Geschlecht ist hochsignifikant, wobei die Mädchen besser abschneiden als die Jungen. Jedoch besteht kein DIF-Effekt auf der Ebene der Items. Auch bei der DIF-Analyse zur Leistungsstufe besteht ein hochsignifikanter Leistungsunterschied, wobei die Schülerinnen und Schüler in der folgenden Reihenfolge von stärker zu schwächer abschneiden: Gymnasium, Sek A, Sek B/C. Auch hier zeigt sich kein DIF-Effekt auf der Ebene der Items.

**Externe Faktoren:** Die verwendeten Begleittests SLS, NAW und KFT sind Multiple-Choice Formate, womit sich die Objektivitätsüberprüfung erübrigt. Die mittels Rasch-Analyse (ConQuest) erreichten Reliabilitätsmasse des NAW-Tests sind in Tab. 1b zusammengefasst. Dieser wurde aufgrund eines Infit-Werts um eine Aufgabe gekürzt. Die Reliabilität der drei verwendeten Subskalen des KFTs liegt bei einem Cronbach's  $\alpha$  von 0.733 (SPSS).

Tab. 1a: Statistische Prüfung der sechs Untersuchungsaufgaben (ConQuest)

#### Untersuchungsaufgaben (6 Items) *partial credit*

|                     |                         |                 |         |
|---------------------|-------------------------|-----------------|---------|
| EAP/PV-Reliabilität | 0.637                   | Varianz         | 0.407   |
| Infit / Outfit      | 0.94 – 1.07             | T-Werte         | < 1     |
| <b>DIF-Analyse</b>  | <b>Geschlecht**</b>     | Item*Geschlecht | < 0.068 |
| Jungen              | -0.195 $\pm$ 0.023      |                 |         |
| Mädchen             | 0.195 $\pm$ 0.023       |                 |         |
| Infit / Outfit      | 0.87 – 1.2              | T-Werte         | < 1.5   |
| <b>DIF-Analyse</b>  | <b>Leistungsstufe**</b> | Item*Stufe      | < 0.143 |
| Gymnasium           | 0.543 $\pm$ 0.032       |                 |         |
| Sek A               | 0.072 $\pm$ 0.026       |                 |         |
| Sek B/C             | -0.614 $\pm$ 0.042      |                 |         |
| Infit / Outfit      | 0.80 – 1.19             | T-Werte         | < 1.8   |

Tab. 1b: Statistische Prüfung der NAW-Aufgaben (ConQuest)

#### NAW–Aufgaben (24 Items) *dichotom*

|                     |             |         |                                       |
|---------------------|-------------|---------|---------------------------------------|
| EAP/PV Reliabilität | 0.698       | Varianz | 1.177                                 |
| Infit               | 0.82 – 1.15 | T-Werte | < 2 (excl. 2 Items $\leq$ 2.9)        |
| Outfit              | 0.64 – 1.56 | T-Werte | $\leq$ 3.8 (excl. 2 Items $\leq$ 6.2) |

**Regressionsanalyse:** Um den Einfluss der externen Faktoren auf die Performanz der Übungsaufgaben zu prüfen, wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt (siehe Abb. 1). Darin zeigt sich ein hochsignifikanter, mittlerer Einfluss des NAW-Tests und ein hochsignifikanter, eher kleiner Einfluss des KFTs auf die Performanz des Untersuchens. Es

kann kein Einfluss des SLS auf die experimentelle Kompetenz (Untersuchen von Zusammenhängen) gemessen werden.

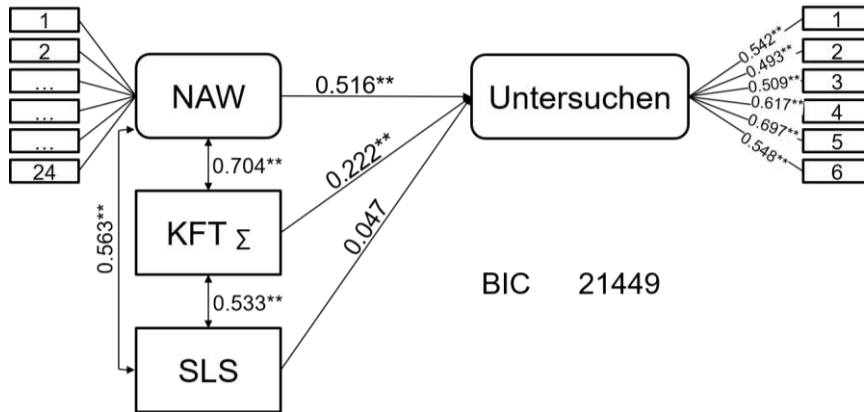


Abb. 1: Regressionsanalyse (Mplus) als Modell dargestellt, wobei \*\* =  $p < 0.01$ .

### Diskussion

**Untersuchen:** Die Resultate zeigen, dass die Bearbeitung von 4 von insgesamt 6 Hands-on Aufgaben ausreicht, um eine experimentelle Kompetenz (Untersuchen von Zusammenhängen) mit mäßiger Reliabilität (0.63) messen zu können.

**Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen:** Zwischen dem Strategiewissen zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und dem praktischen Untersuchen kann ein hoch signifikanter mittlerer Zusammenhang (0.516\*\*) gemessen werden. Dieser kann damit erklärt werden, dass beide Tests ein ähnliches Konstrukt messen und das Verständnis der Variablenkontrollstrategie voraussetzen. Das mit einem Paper-and-Pencil gemessene „Wissen wie“ (NAW) als Disposition erklärt somit rund 25 % der Varianz des in einem Hands-on Setting gemessenen „Könnens“ (Untersuchen) als Performanz.

**Kognitive Fähigkeiten:** In den Pilotstudien zum Projekt ExKoNawi wurden jeweils hoch signifikante und starke Leistungsunterschiede beim Experimentieren zwischen den Leistungsstufen gefunden. Da die Aufgabeninhalte wenig curricular sind, wird deshalb angenommen, dass mit den Experimentieraufgaben von ExKoNawi zu einem gewissen Teil allgemeine kognitive Fähigkeiten gemessen werden. Diese Vermutung wird zwar durch die Literatur gestützt, wonach ein mittlerer Einfluss der kognitiven Fähigkeiten (KFT) auf die Performanz bei experimentellen Paper-and-Pencil-Aufgaben besteht (z. B. Wellnitz, 2012; Leutner et al., 2004) wird. Jedoch wird die Vermutung durch die vorgestellte Studie nicht bestätigt: Die kognitiven Fähigkeiten machen nur eine Varianzaufklärung von knapp 5 % aus.

**Sprache:** Das Testformat von ExKoNawi stellt an die Schülerinnen und Schülern Lese- und Schreib Anforderungen, da mit schriftlichen Testheften und Schülerprotokollen gearbeitet wird (vgl. Stecher et al., 2000; Gut, 2012). Trotz dieser sprachlichen Anforderungen zeigt die Lesefähigkeit, gemessen mit dem SLS-Test, keinen signifikanten Einfluss auf die experimentelle Kompetenz.

Zusammenfassend ergeben die Resultate eine positive Validierung des experimentellen Tests. Mit einem Test von sechs Items, wovon jeweils vier bearbeitet wurden, kann eine experimentelle Kompetenz mit mäßiger Reliabilität gemessen werden, die wie erwartet stark vom Wissen der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und in kleinerem Mass von den allgemeinen kognitiven Fähigkeiten, jedoch nicht von der Lesefähigkeit abhängt.



### Literatur

- Bonetti, A., Gut, C. & Metzger S. (2017): *Validierung des ExKoNawi-Modells* (Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften). In C. Maurer, *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. GDGP Jahrestagung 2016 Zürich* (S. 336-339). Regensburg: Universität von Regensburg. [http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDGP\\_Band37.pdf](http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDGP_Band37.pdf)
- Gut, C. (2012). *Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz: Analyse eines large-scale Experimentiertests*. Berlin: Logos.
- Gut, C., Metzger, S., Hild, P., & Tardent, J. (2014). *Problemtypenbasierte Modellierung und Messung experimenteller Kompetenzen von 12- bis 15-jährigen Jugendlichen*. PhyDid B, Didaktik Der Physik, Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung 2014, 9 S.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *KFT 4-12+ R. Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision*. Göttingen: Beltz Test.
- Koenen, J. (2014). *Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen*. Berlin: Logos.
- Leuders T. (2014). *Modellierungen mathematischer Kompetenzen – Kriterien für eine Validitätsprüfung aus fachdidaktischer Sicht*. Journal für Mathematik-Didaktik, 35(1), 7-48.
- Leutner D., Klieme E., Meyer K. & Wirth J. (2004). *Problemlösen*. In: M. Prenzel et al., *PISA 2003: Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs* (S. 147-175). Münster: Waxmann.
- Mannel S. (2011). *Assessing scientific inquiry – Development and evaluation of a test for the low-performing stage*. Berlin: Logos.
- Mayringer, H. & Wimmer, H. (2014). *Salzburger Lese-Screening für die Schulstufen 2-9*. Bern: Hogrefe Verlag.
- Messick, S. (1996). *Validity of Performance Assessments*. In G.W. Philips (Ed.), *Technical Issues in Large-Scale Performance Assessment*. NCES: Washington DC.
- Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, A. M., & Wiley, E. W. (1999). *Note on sources of sampling variability in science performance assessments*. Journal of Educational Measurement, 36(1), 61-71.
- Stecher, B. M., Klein, S. P., Solano-Flores, G., McCaffrey, D., Robyn, A., Shavelson, R. J. & Haertel, E. (2000). *The effects of content, format, and inquiry level on science performance assessment scores*. Applied Measurement in Education, 13(2), 139-160.
- Wellnitz N. (2012). *Kompetenzstruktur und -niveaus von Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung*. Biologie lernen und lehren. Band 2. Berlin: Logos.

## Facetten experimenteller Kompetenz in den Naturwissenschaften

**Variablenkontrollstrategien** Experimente planen, durchführen und auswerten sind typische Arbeitsweisen im naturwissenschaftlichen Unterricht der Biologie, Chemie und Physik (s.h. KMK Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005a, 2005b, 2005c). In allen drei Domänen ist hierbei ein Verständnis von und Wissen über kontrollierte Experimente von zentraler Bedeutung. Kontrollierte Experimente lassen eindeutige Aussagen über Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu und sind der Ausgangspunkt für die Prüfung von Hypothesen. Bei kontrollierten Experimenten wird bei der Erhebung der Variablen lediglich eine Variable verändert und alle weiteren Variablen konstant gehalten (vgl. Dewey & Suhr, 2002; Popper, 1966). So kann untersucht werden, ob die veränderte Variable einen Einfluss auf eine abhängige Variable hat. Dieses grundlegende Prinzip der experimentellen Erkenntnisgewinnung wird als Variablenkontrollstrategie (VKS) bezeichnet (vgl. Chen & Klahr, 1999). Variablenkontrollstrategien umfassen hierbei vier verschiedene Teilfähigkeiten (vgl. Chen & Klahr, 1999; Schwichow et al., 2016a). *Planung*: Zu einer vorgegebenen Frage kann ein kontrolliertes Experiment geplant werden. *Identifizierung*: Es kann entschieden werden, ob es sich bei einer Versuchsreihe um ein kontrolliertes Experiment handelt, oder nicht. *Interpretation*: Liegt ein kontrolliertes Experiment vor, können Schlüsse aus den Ergebnissen gezogen werden. *Verständnis*: Die fehlende Aussagekraft von konfundierten Experimenten (d.h. mehr als eine Variable wurden verändert) wird erkannt.

**Forschungsstand** Es bleibt jedoch festzuhalten, dass Schülerinnen und Schüler oft kein generelles Verständnis von VKS haben (vgl. Zimmerman & Croker, 2013). Viele bisherige Untersuchungen prüfen jedoch (implizit) nur eine Teilfähigkeit ab (vgl. Schwichow et al., 2016b). Bei Untersuchungen über alle Teilfähigkeiten zeigte sich, dass die Anwendung der Teilfähigkeiten für die Schülerinnen und Schüler unterschiedlich schwierig ist (vgl. Schwichow et al., 2016a). Darüber hinaus werden VKS als domänenübergreifende Fähigkeit gesehen (vgl. Zimmerman & Croker, 2013). Nichtsdestotrotz sind bisherige Untersuchungen oft domänenspezifisch (vgl. Schwichow et al., 2016b). Ausgehend von den Einschränkungen bisheriger Untersuchungen und den Eigenschaften von VKS wurde ein Testinstrument entwickelt, dessen Ziel es ist, alle Teilfähigkeiten von VKS in verschiedenen Domänen zu erheben, um so dazu beizutragen, die vorliegenden Forschungslücken zu füllen.

**Forschungsfragen und Hypothesen** Aus dem dargelegten theoretischen Hintergrund ergeben sich die folgenden Forschungsfragen und Hypothesen.

- *F1*: Welche *Dimensionalität* weisen Variablenkontrollstrategien auf?  
 Es ist zu prüfen, ob es sich bei VKS um ein eindimensionales oder mehrdimensionales Konstrukt handelt. Aus der Unterteilung der VKS in verschiedene Teilfähigkeiten kann vermutet werden, dass die Teilfähigkeiten verschiedene Dimensionen des Gesamtkonstrukts darstellen. Darüber hinaus ist es denkbar, dass VKS Teil der entsprechenden Domäne sind und somit die Domänen verschiedene Dimensionen darstellen.
- *F2*: Welche Aspekte sind für die *Schwierigkeit* von Items zur VKS ausschlaggebend?  
 Die oben beschriebenen Teilfähigkeiten erfordern unterschiedliche Tätigkeiten von Schülerinnen und Schülern, die durchaus als unterschiedlich schwierig eingeschätzt werden können. Zudem ist es denkbar, dass die Domäne die Schwierigkeit von Items beeinflusst.
- *F3*: Wie sind die Teilfähigkeiten von VKS in verschiedenen *Klassenstufen* ausgeprägt?

Variablenkontrolle ist eine Fähigkeit, die mit zunehmendem Lebensalter erfolgreicher angewendet wird (vgl. Zimmerman & Croker, 2013). Es soll untersucht werden, inwieweit eine Veränderung im Rahmen der Mittelstufe festgestellt werden kann.

**Empirische Untersuchung** Es wurde innerhalb einer Kooperation der Universität Trier (Biologie: J. Kranz, A. Möller, M. Willrich), der ETH Zürich (Alltag: P. Edelsbrunner, S. Peteranderl, L. Schalk) und der PH Freiburg (Physik: M. Schwichow; Chemie: M. Brandenburger) ein Testinstrument entwickelt, das alle Teilfähigkeiten von VKS in verschiedenen Domänen (Biologie, Chemie, Physik, Alltag) erhebt. In jeder Domäne wurden zwei Kontexte ausgewählt, zu denen je vier Items konstruiert wurden. Insgesamt besteht ein Testheft aus 32 Items (s.h. Abb. 1). Um Reiheneffekte auszuschließen, wird die Reihenfolge der Domänen in insgesamt vier Testheften rotiert.

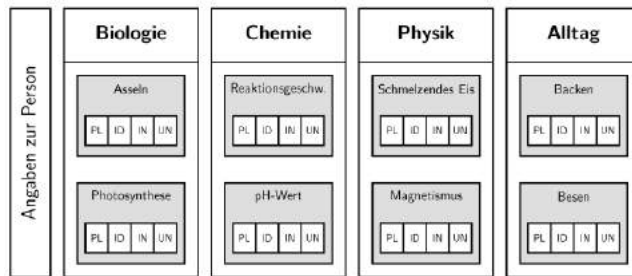


Abb. 1 Design des Fragebogens

Ergänzt werden die Items durch Angaben zur Person (Noten, Kurzskala Selbstkonzept in den Domänen, eingeschätztes Wissen in den Domänen). Die Testzeit beträgt 90 Minuten. Es wurden insgesamt 274 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 8 bis 10 befragt.

Vorbereitend für die Auswertung wurden die Items dichotom kodiert. Bei einer ersten deskriptiven Betrachtung der Lösungswahrscheinlichkeiten zeigte sich, dass die Verständnis-Items (UN) von den Schülerinnen und Schülern nur sehr schlecht gelöst wurden und Bodeneffekte aufweisen (Lösungswahrscheinlichkeit zwischen .08 und .20). Aus diesem Grund wurden die UN-Items nicht in die weiteren Auswertungen mit einbezogen. Aufgrund eines Druckfehlers musste aus der Physik ein Item zur Interpretation entfernt werden.

**Ergebnisse** Zur Prüfung der *Dimensionalität* von VKS wurden verschiedene Rasch Modellierung durchgeführt. Die Berechnung erfolgte mit ConQuest (MML, MonteCarlo mit 2000 Knoten, EAP/PV). Neben dem Grundmo-

| N = 274        | 1-dim.<br>Grundmodell | 3-dim.<br>Teilfähigkeiten | 4-dim.<br>Domäne |
|----------------|-----------------------|---------------------------|------------------|
| Abweichung     | 6271.38               | 6132.45                   | 6202.36          |
| Parameter (df) | 24                    | 29                        | 33               |
| AIC            | 6319                  | 6190                      | 6268             |
| BIC            | 6406                  | 6295                      | 6387             |

Tabelle 1 Rasch Modellierung - Mododellvergleich

del, das alle oben genannten Items enthält, wurde ein dreidimensionales Modell über die Teilfähigkeiten (Planung PL, Identifizierung ID, Interpretation IN) und ein vierdimensionales Modell über die Domänen (Biologie, Chemie, Physik, Alltag) berechnet. Um die Passung der Modelle zu vergleichen, wurden die Abweichungen der Modelle unter der Anzahl der Modellparameter (df) einander gegenübergestellt (s.h. Tabelle 1). Ein  $\chi^2$ -Test zeigt, dass das dreidimensionale Modell unter der Berücksichtigung der Anzahl der Modellparameter eine signifikant bessere Passung aufweist als das Grundmodell und das vierdimensionale Modell über die Domänen. Auch AIC und BIC sprechen für das dreidimensionale Modell. Zudem weist das dreidimensionale Modell einen besseren Item-Fit auf ( $0.79 < \text{wMNSQ} < 1.20$ ). Die Trennschärfe der Items liegt zwischen .36 und .73. Die Dimensionen (PL, ID, IN) korrelieren miteinander (.76 - .93). Die EAP/PV Reliabilitäten sind zufriedenstellend (.78 - .87).

Zur Prüfung, was die Schwierigkeit der Items zu VKS beeinflusst, wurden Gruppenvergleiche der Lösungswahrscheinlichkeiten verschiedener Itemgruppen durchgeführt. Vergleich

man nach *Teilfähigkeit*, zeigen sich Unterschiede bei der mittleren Lösungswahrscheinlichkeit ( $F(2, 819) = 14.55, p = .000, \eta^2 = 0.03$ ). Items zur Planung ( $M_{PL} = .58, SD = .37$ ) sind schwerer als Items zum Identifizieren ( $M_{ID} = .66, SD = .30$ ) und Interpretieren ( $M_{IN} = .72, SD = .30$ ). Alle Unterschiede sind signifikant. Die unterschiedlichen Schwierigkeiten stehen im Einklang mit den verschiedenen Anforderungen der Teilfähigkeiten. Bei der Planung von kontrollierten Experimenten müssen die Schülerinnen und Schüler selbstständig ein kontrolliertes Experiment konstruieren, wohingegen bei der Identifizierung ein kontrolliertes Experiment ausgewählt werden muss und bei der Interpretation Schlüsse aus kontrollierten Experimenten gezogen werden müssen. Auch ein Vergleich nach *Domäne* zeigt Unterschiede bei den mittleren Lösungswahrscheinlichkeiten ( $F(3, 1092) = 3.57, p = .014, \eta^2 = 0.01$ ). Neben der kleinen Effektstärke ist jedoch festzustellen, dass sich die Schwierigkeiten zwischen den naturwissenschaftlichen Domänen nicht signifikant unterscheiden ( $M_{Bio} = .63, SD = .35; M_{Che} = .63, SD = .36; M_{Phy} = .62, SD = .30$ ). Die Items zur Domäne „Alltag“ sind etwas leichter ( $M_{All} = .71, SD = .33$ ). Aus diesen Ergebnissen wird geschlussfolgert, dass die geforderte Teilfähigkeit dafür verantwortlich ist, wie schwierig ein Item zu VKS für Schülerinnen und Schüler ist. Die Domäne spielt hierbei keine Rolle.

Im Rahmen der letzten Forschungsfrage wurde untersucht, inwieweit sich die Fähigkeit zur Variablenkontrolle innerhalb der Mittelstufe verändert. Da im Rahmen der Strukturuntersuchung zum Konstrukt VKS festgestellt wurde, dass die Teilfähigkeiten eigenständige Dimensionen bilden, wurden die durch die Rasch Modellierung ermittelten Personenwerte (Plausible Values, PV) der Schülerinnen und Schüler in den drei Dimensionen über die verschiedenen Klassenstufen miteinander verglichen. Für eine Vergleichbarkeit der Personenparameter über die Dimensionen hinweg wurden z-transformierte Werte verwendet. Es lassen sich in allen drei Dimensionen unterschiedliche Ausprägungen der Personenparameter feststellen ( $F_{PL}(2, 268) = 12.367, p = .000, \eta^2 = 0.08; F_{ID}(2, 268) = 10.719, p = .000, \eta^2 = 0.07; F_{IN}(2, 268) = 10.968, p = .000, \eta^2 = 0.08$ ). Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 8 schneiden in allen drei Teilfähigkeiten signifikant schlechter ab als Schülerinnen und Schüler aus Klasse 9 und 10 (s.h. Abb. 2). Zwischen letzteren lassen sich keine signifikanten Unterschiede finden. Die Ergebnisse deuten auf eine Entwicklung von VKS hin, die insbesondere zwischen der 8. und 9. Klassenstufe stattfindet.

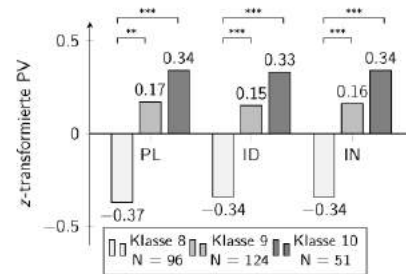


Abb. 2 Vergleich der Personenfähigkeit nach Teilfähigkeit und Klassenstufe

**Abschluss** Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im Rahmen der vorgestellten Untersuchung Ergebnisse gewonnen werden konnten, die sich in das bisherige Wissen über VKS einfügen. Als besonders fruchtbar hat sich hierbei erwiesen, dass im Rahmen eines Testinstruments sowohl verschiedene Teilfähigkeiten, als auch verschiedene Domänen untersucht wurden, was übergreifende Vergleiche zuließ. Es konnte VKS als mehrdimensionales Konstrukt nach den Teilfähigkeiten modelliert werden, die unterschiedlich schwierig für die Schülerinnen und Schüler sind. Es zeigt sich eine Veränderung der Fähigkeit zur Variablenkontrolle bei allen Teilfähigkeiten im Rahmen der Mittelstufe.

### Literatur

- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All other things being equal: acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child development*, 70(5):1098–1120.
- R., Gropengießer, H., & Stäudel, L. (2004). *Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10*. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag.
- Dewey, J. & Suhr, M. (2002). *Logik: Die Theorie der Forschung*. Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- KMK Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005a). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss: (Beschluss vom 16. Dezember 2004). Wolters Kluwer, München.
- KMK Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005b). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss: (Beschluss vom 16. Dezember 2004). Wolters Kluwer, München.
- KMK Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005c). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss: (Beschluss vom 16. Dezember 2004). Wolters Kluwer, München.
- Popper, K. R. (1966). *Logik der Forschung*, Band 4 von *Die Einheit der Gesellschaftswissenschaften*. Mohr, Tübingen, 2., erw. Auflage.
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J., & Härtig, H. (2016a). The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy. *International Journal of Science Education*, 38(2):216–237.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016b). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39:37–63.
- Zimmerman, C. & Croker, S. (2013). Learning science through inquiry. In Feist, G. & Gorman, M. (Hrsg.), *Handbook of the psychology of science*, S. 49–70. Springer, New York, NY.

## **Nature of Science im Schüler\*innen-Labor Physik vermitteln**

### **Schülerlabore und Nature of Science**

Schülerlabore gleichen sich in den Ansätzen der „Vermittlung eines zeitgemäßen Bildes“ (Euler, Schüttler & Hausamann, 2015, 762) und einer „Begegnung mit moderner Naturwissenschaft und Technik durch erfahrungsbasierte Zugänge zu Prozessen der Forschung und Entwicklung.“ (ebd.). Sie sollen also neben den Zielen, wie Wissensvermittlung oder Berufsorientierung, auch immer, bis auf wenige Ausnahmen (Uhlmann & Priemer, 2010), implizit die Ansichten der Schüler\*innen über die Natur der Naturwissenschaften (NOS) positiv verändern.

Dies begründet sich in der weitgehenden Einigkeit darüber, dass NOS als Bildungsziel in einer durch MINT-Wissenschaften geprägten Gesellschaft wesentlich ist (OECD, 2016; Kircher, Girwidz & Häußler, 2015; Höttecke, 2008; Euler, Schüttler & Hausamann, 2015; Pommeranz et al., 2016; Höttecke, 2001). Zudem konnte der Einfluss von epistemologischen Überzeugungen auf Lernprozesse und -ergebnisse von der lernpsychologischen Forschung vielfach gezeigt werden (Hofer & Pintrich, 2016). Dies ist naheliegend, denn das Wissen um die Natur der Naturwissenschaften scheint eine Schlüsselkompetenz zum Verständnis und Lernerfolg in Physik zu sein (Köller, Baumert & Neubrand, 2000).

Untersuchungen legen darüber hinaus nahe, dass naive Vorstellungen über NOS mit mangelnder Auseinandersetzung mit authentischen Kontexten (Roth, 1995) und impliziter statt expliziter Instruktion von NOS (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000) zusammenhängen. Ein weiterer Schwerpunkt von Schülerlaboren ist das eigene „Experimentieren, Forschen, Ausprobieren durch die Kinder und Jugendlichen [...]“. Dabei steht der Forschungsprozess im Mittelpunkt, der durch das entdeckende Experimentieren oder das geführte entdeckende Experimentieren gekennzeichnet ist.“ (Haupt et al., 2013, 3). Dies begründet sich vor allem darin, dass „Forschend und konstruierend-entwickelnd zu lernen [...] ein ebenso natürlicher wie authentischer Zugang zu Naturwissenschaften“ ist (Euler, Schüttler & Hausamann, 2015). Auch dies gilt es den Schüler\*innen explizit zu verdeutlichen und dabei eine korrekte Arbeitsmethodik, in diesem Fall der Variablenkontrollstrategie, zu vermitteln.

### **Das Schüler\*innen-Labor Physik der TU Darmstadt**

Das Schüler\*innen-Labor Physik der TU Darmstadt untersucht inwieweit explizit die Vorstellungen der Schüler\*innen zur Natur der Naturwissenschaften positiv beeinflusst und die Arbeitsmethodik in den Naturwissenschaften vermittelt werden kann.

Da die Vielzahl der Teilaspekte, was NOS ausmacht, schwierig abzubilden ist (McComas, 2002; Osborne et al., 2003), sollte auf wesentliche Teilaspekte entsprechend Schwartz (Schwartz, Lederman & Lederman, 2008) beschränkt werden. Daher werden auf vier der sieben von Kremer (2010) bzw. der sechs von Ertl (2013) aufgestellte Kategorien, nämlich Rechtfertigung von Wissen, Entwicklung von Wissen, Zweck der Naturwissenschaften und Kreativität der Naturwissenschaftler\*innen zurückgegriffen. Zudem wird ein Aspekt der Arbeitsmethodik in den Naturwissenschaften, die Variablenkontrollstrategie (VKS), im Schüler\*innen-Labor aufgegriffen.

Diese Metakompetenzen werden zu jeweils einem bestimmten Thema explizit behandelt. Die Themen im Schüler\*innen-Labor zeichnen sich vor allem durch die gute inhaltliche Passung zur aktuellen Forschung am Fachbereich aus. So wird ähnlich dem Vorgehen in der Fachdisziplin eine Analogie zu einem aktuellen Forschungsfeld ge- und mit den

Schüler\*innen untersucht. Für die Schulklassen ist somit ein Tag im Schüler\*innen-Labor ein Eintauchen in die aktuelle naturwissenschaftliche Forschung an der TU Darmstadt.

Beim Experimentieren orientieren wir uns implizit an einer Adaption des Modellierungsprozesses des biologisch-mathematischen Problemlösens nach Schultz-Siatkowski (2012), um Aspekte des SDDS-Modells von Dubar und Klahr (2000) einfließen lassen zu können..

So entwickeln die Schüler\*innen, ausgehend von einem zentralen Forschungsanlass, forschend-entdeckend eigene Hypothesen und entsprechende Experimente, um diese zu überprüfen. Nach dem Abgleich der Hypothesen und dem Vorstellen ihrer Ergebnisse im Plenum entwickeln die Kleingruppen eine weitere Hypothese. Diese wird in einem zweiten Durchlaufen des Experimentierkreislaufrs überprüft, wodurch die Verknüpfung von Experiment und Hypothese stark betont und den Schüler\*innen die ständige Entwicklung von naturwissenschaftlichem Wissen verdeutlicht wird - ein Schritt, der in der Schulpraxis oft vernachlässigt wird. Wichtig bei den Labortagen ist dabei, dass der Erkenntnisgewinn im Vordergrund steht: „Konnte die Hypothese bestätigt oder widerlegt werden? Oder kann anhand des Experiments keine Aussage darüber getroffen werden?“

In einem zweiten Teil des Labortages findet ein Treffen mit Doktorand aus der jeweiligen Fachgruppe, aus dem das Thema entlehnt wurde, statt. Hier haben die Schüler\*innen die Möglichkeit die Ergebnisse und Forschungsmethoden, die sie vormittags erarbeitet haben in der „richtigen“ Forschung wiederzuentdecken und kommen dabei an einem authentischen Lernort mit „richtigen“ Forscher\*innen in Kontakt.

### Design der Begleitstudie

Die Begleitstudie des Schüler\*innen-Labors wird im aktuellen Schuljahr in Südhessen im Raum Darmstadt durchgeführt. Dadurch erwarten wir zum einen belastbare Daten zur Entwicklung von NOS im Regelunterricht, zum anderen dazu, welchen Lernzuwachs bezüglich NOS und VKS das Labor bei den Schüler\*innen erreicht und wie nachhaltig dieser ist. Untersucht werden mit einem Prae-Post-Design im Wesentlichen die folgenden zwei Forschungsfragen:

1. Wie ist die Entwicklung der Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften und der Variablenkontrollstrategie in den ersten beiden Lernjahren (7. und 8. Jahrgangsstufe) Physik?
2. Welchen Einfluss darauf hat ein Besuch im Schüler\*innen-Labor kurz nach dem Besuch und am Ende des Schuljahres?

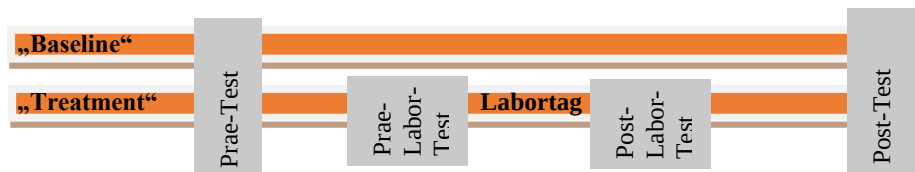


Abb. 2: Design der Begleitstudie zum Schüler\*innen-Labor

Dazu werden die Einstellungen der Schüler\*innen zu Beginn und Ende des Schuljahres sowie kurz vor und nach dem Labortag mit jeweils dem gleichen Test erhoben. Verglichen wird diese Gruppe einer „Baseline, bestehend aus Schüler\*innen, die ebenfalls zu Beginn und Ende des Schuljahres diesen Test ausfüllen, das Schüler\*innen-Labor jedoch nicht besuchen.

Für die Erhebung wurde auf vier validierte Skalen von Kremer (2010) mit dem Ziel, die Studie aus dem Bereich der Biologie für Physik zu replizieren, zurückgegriffen. Die Items zur Variablenkontrollstrategie wurden an die Untersuchungen von Phan und Hammann (2008) angelehnt und entsprechend an physikalische Inhalte angepasst (Abb.1).

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Experimente zum Erwärmen (1)</b><br/>         Andreas macht ein Experiment zur Erwärmung. Er verwendet dazu zwei Töpfe ohne Deckel und füllt in beide Töpfe 2 Liter Wasser. Er stellt <b>Topf 1 auf einen Herd mit kleiner Hitze</b> und <b>Topf 2 auf einen Herd mit großer Hitze</b>. Nach 5 Minuten misst er die Temperatur des Wassers in beiden Töpfen.</p> <p>Warum macht Andreas dieses Experiment?</p> <p>Kreuze die richtige Antwort an.</p> <p><input type="radio"/> a) Weil er die Flüssigkeiten so schnell wie möglich erwärmen will.</p> <p><input type="radio"/> b) Weil er vermutet, dass die Menge und die Art der Flüssigkeit die Erwärmung beeinflussen.</p> <p><input type="radio"/> c) Weil er vermutet, dass die Hitze des Herds die Erwärmung beeinflusst.</p> <p><input type="radio"/> d) Weil er vermutet, dass die Hitze des Herds und die Menge der Flüssigkeiten die Erwärmung beeinflussen.</p> | <p>Topf 1</p>  <p>2 Liter, Wasser,<br/>kein Deckel, kleine<br/>Hitze</p> | <p>Topf 2</p>  <p>2 Liter, Wasser,<br/>kein Deckel, große<br/>Hitze</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Abb. 1: Beispielitem zur Variablenkontrollstrategie

### Erste Ergebnisse und Diskussion

Die Pilotierung des Schüler\*innen-Labors fand mit vier Klassen (zwei gymnasiale Gruppen der 8. und zwei Gruppen der 7. Jahrgangsstufe einer integrierten Gesamtschule, insgesamt 52 Schüler und 52 Schülerinnen) statt.

| Skala          | Itembeispiel                                                                           | Anzahl der Items | Cronbachs Alphas |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
| Entwicklung    | Manchmal verändern sich die Vorstellungen in den Naturwissenschaften.                  | 8                | .828             |
| Kreativität    | Naturwissenschaftliches Wissen ist auch ein Ergebnis menschlicher Kreativität.         | 5                | .408             |
| Rechtfertigung | In den Naturwissenschaften kann es mehrere Wege geben, um Vorstellungen zu überprüfen. | 9                | .600             |
| Zweck          | Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um neue Entdeckungen zu machen.         | 5                | .609             |

Tab. 1: Itembeispiele, Anzahl der Items und Reliabilitäten der vier Skalen zu NOS

Erste Ergebnisse dieser Pilotierung zeigen, dass die Cronbachs Alphas im Posttest in einer ähnlichen Größenordnung wie bei der Erhebung von Kremer liegen (Tab. 1), allerdings fällt der vergleichsweise geringe Wert von .408 bei der Skala zur Kreativität (.54 bei Kremer) auf. Daher erscheint die Replizierung der Studie von Kremer nicht eindeutig, was aber auf die bisher kleine Stichprobe von etwa 80 Schüler\*innen, die an dem Test teilgenommen haben, zurückzuführen sein könnte. Bezogen auf die Vorstellungen der Schüler\*innen von NOS ergibt sich für die Mittelwerte der vier Kategorien zwischen Prae- und Post-Test ein (höchst signifikanter) Zuwachs.

Bei der Variablenkontrollstrategie zeigt sich eine leichte, nicht signifikante Verbesserung der Schüler\*innen vom Prae- zum Post-Test, wobei auch hier die Einschränkung der kleinen Stichprobe (50 gültige) gemacht werden muss.



## Literatur

- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science. A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701.
- Ertl, D. (2013). Sechs Kernaspekte zur Natur der Naturwissenschaft. *Plus Lucis : Mitteilungsblatt des Vereins zur Förderung des Physikalischen und Chemischen Unterrichts und des Fachausschusses LHS der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft*(1-2), 16–20.
- Euler, M., Schüttler, T. & Hausmann, D. (2015). Schülerlabore. Lernen durch Forschen und Entwickeln. In Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 759–782). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Hammann M., Phan T.H., Bayrhuber H. (2008). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In Prenzel, M., Gogolin, I. & Krüger, H.-H. (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.
- Haupt, O., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette Petra, Vorst, S. & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor - Begriffsschärfung und Kategorisierung. *LeLa magazin*(Ausgabe 5), 2–4.
- Hofer, B.K. & Pintrich, P.R. (2016). The Development of Epistemological Theories. Beliefs About Knowledge and Knowing and Their Relation to Learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 88–140.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 25–32.
- Höttecke, D. (2008). D. (2008), Was ist Naturwissenschaft. Physikunterricht über die Natur der Naturwissenschaften. in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 103/2010, S. 4-12. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*(103/2010), 4–12.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.) (2015). *Physikdidaktik*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (2000). *Exploring science. The cognition and development of discovery processes*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Köller, O., Baumert, J. & Neubrand, J. (2000). Epistemologische Überzeugungen und Fachverständnis im Mathematik- und Physikunterricht. In Baumert, J., Bos, W. & Lehmann, R. (Hrsg.), *Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe* (S. 229–269). Opladen: Leske + Budrich.
- Kremer, K.H. (2010). *Die Natur der Naturwissenschaften verstehen*. Kassel, Univ., Diss., Kassel: Universitätsbibliothek Kassel.
- McComas, W.F. (Hrsg.) (2002). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What ideas-about-science should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720.
- (2016). *PISA 2015 assessment and analytical framework. Science, reading, mathematics and financial literacy*, Paris: OECD Publishing.
- Pommeranz, H.-P., Dittmer, F., Kaminski, E., Schülbe, R. & Talanow, M. (2016). Fachlehrplan Gymnasium - Physik. [https://www.bildungs-lsa.de/pool/RRL\\_Lehrplaene/Erprobung/Gymnasium/FLP\\_Gym\\_Physik\\_LTn.pdf?rl=106](https://www.bildungs-lsa.de/pool/RRL_Lehrplaene/Erprobung/Gymnasium/FLP_Gym_Physik_LTn.pdf?rl=106) (7.8.2018).
- Roth, W.-M. (1995). *Authentic School Science*, Dordrecht: Springer Netherlands.
- Schultz-Siatkowski, A. & Elster, D. (2012). Experimentieren als biologisch-mathematisches Problemlösen - ein Modellierungsprozess -Projektskizze. *Erkenntnisweg Biologie*(11), 71–86.
- Schwartz, R., Lederman, N. & Lederman, J. (2008). An Instrument To Assess Views Of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire, Baltimore, MD: Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science.
- Uhlmann, S. & Priemer, B. (2010). Das Experiment in Schule und Wissenschaft - ein „Nature of Science“ - Aspekt explizit in einem Projekt im Schülerlabor. *PhyDid B - Didaktik der Physik*.

Jasmin Meyer<sup>1</sup>  
 Jesco Schrader<sup>1</sup>  
 Andreas Nehring<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Leibniz Universität Hannover

## **Dimensionen des NOSI Verständnisses in latenten Profilanalysen**

### **Einführung**

In den naturwissenschaftlichen Fächern ist die Entwicklung eines adäquaten Wissenschaftsverständnisses von zentraler Bedeutung. In besonderem Fokus stehen die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen. Entsprechend sind diese Ziele auch in den Bildungscurricula vieler Länder, wie beispielsweise in Deutschland (KMK, 2005), festgehalten. Aus diesem Grund ist die Konzeptualisierung des Verständnisses der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ein wichtiges Thema, wobei auch in Anlehnung an die internationale Terminologie auch von der *Nature of Scientific Inquiry* (NOSI) gesprochen wird. Es wurden schon zahlreiche Untersuchungen zur Konzeptualisierung von NOSI durchgeführt (Abd-El-Khalick, 2012; Abd-El-Khalick, 2005; Demir & Abell, 2010; Deng, Chen, Tsai, & Chai, 2011; Lederman et al., 2014a; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl, 2003). Die meisten Daten wurden in diesem Zusammenhang mit Hilfe von Interviews und Fragebögen mit einem offenen Frageformat erhoben. Dabei zeigt sich, dass Schülerinnen und Schüler je nach Situation sowohl auf adäquate als auch auf inadäquate Vorstellungen zurückgreifen können. Doch das Zusammenspiel dieser Perspektiven ist im Bereich NOSI bisher kaum systematisch-quantitativ untersucht worden.

### **Zielstellung der Studie**

Im Rahmen dieses Projekts wurde daher ein Fragebogen mit potentiell unabhängigen Dimensionen für adäquate und inadäquate Vorstellungen entwickelt. Ziel ist es, mit Hilfe einer Dimensionsanalyse die empirische Trennbarkeit der adäquaten und inadäquaten Vorstellungen zu erforschen, um auf dieser Basis differenzierte Schülerprofile zu identifizieren. Um diese Forschungslücke zu schließen, wurden die folgenden Forschungsfragen fokussiert:

- Inwiefern sollten eher adäquate und eher inadäquate Vorstellungen im Bereich NOSI differenziert voneinander modelliert werden?
- Welche latenten Schülerprofile lassen sich vor diesem Hintergrund identifizieren?

### **Theoretischer Hintergrund**

Das VerE-Modell bildet die theoretische Grundlage für dieses Projekt und wurde in Hinblick auf die kompetenzorientierte Umsetzung naturwissenschaftlicher Untersuchungen abgeleitet (Abb.1). Im Rahmen dieses Projekts wird es zur Systematisierung von Schülervorstellungen und Kompetenzen genutzt.

Die bisherigen Studien auf Grundlage des Modells in Chemie (Nehring, 2014) und Biologie (Nowak, Nehring, Tiemann & Upmeyer zu Belzen, 2013) zeigten, dass die Kompetenzen in den einzelnen Fachbereichen als positiv korrelierte, getrennte Konstrukte zu betrachten sind. Darüber hinaus wurde es zur videobasierten Analyse von Unterricht genutzt (Nehring, Stiller, Nowak, Upmeyer zu Belzen & Tiemann, 2016).



Abb. 1: Graphische Repräsentation des VerE-Modells.

### Methode

Zur Entwicklung des Fragebogens wurden je fünf wissenschaftstheoretisch eher adäquate und je fünf eher inadäquate Vorstellungen in eigenen Skalen à drei oder fünf Items erfasst. Dieser wurde 802 Schülerinnen und Schülern vorgelegt und sie konnten mittels einer vierstufigen Likert-Skala den Items zustimmen oder diese ablehnen.

Die eher adäquaten sowie die inadäquaten Vorstellungen wurden in Bezug auf das VerE-Modell systematisiert und darin verortet (Abb. 2 und Abb. 3).

Zur Auswertung der Fragebögen wurden verschiedene Strukturgleichungsmodelle herangezogen und auf ihre Passung in Bezug auf die Daten untersucht. Dabei wurden entsprechend Little (2013) und Urban und Mayerl (2014) drei Items je Skala einbezogen, um Bias im Model Fit durch zu komplexe Messmodelle zu vermeiden. Außerdem wurden fehlende Werte durch „Full Maximum“ Likelihood (FIML) basierte Algorithmen ergänzt.

Insgesamt wurden fünf Strukturgleichungsmodelle mit Blick auf die Passung zu den Daten getestet. Diese unterschieden sich im Hinblick auf ihre Dimensionalität, d. h. ihre Anzahl latenter Faktoren, und die Frage, ob sie eher adäquate und eher inadäquate Items als eigenständige Faktoren abbilden oder nicht. Es wurden ein-, zwei-, drei-, fünf- und zehndimensionale Modelle geschätzt.

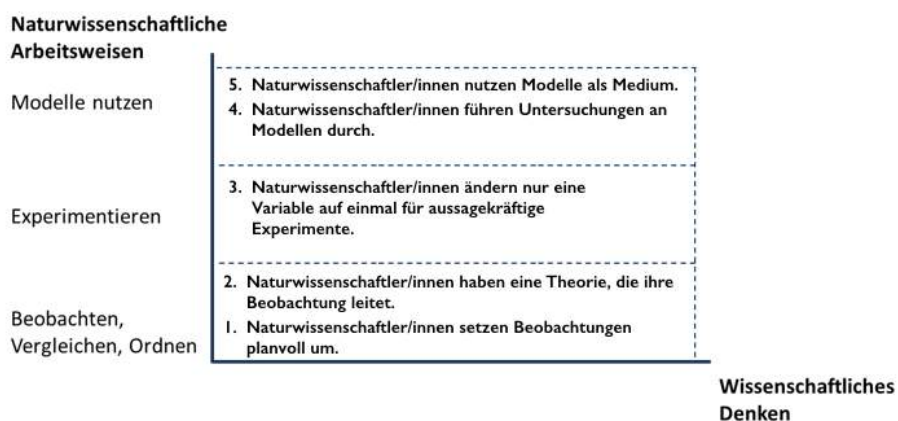


Abb. 2: Berücksichtigte eher adäquate Vorstellungen in Verortung im VerE-Modell.

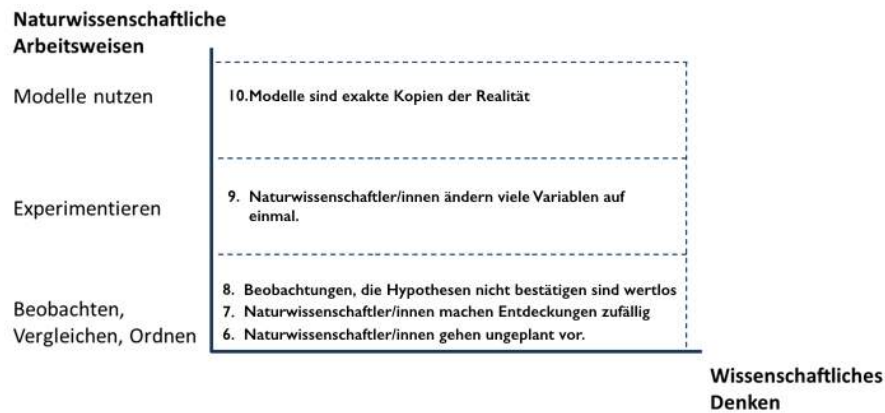


Abb. 3: Berücksichtigte eher inadäquate Vorstellungen in Verortung im VerE-Modell.

### Ergebnisse

Der Vergleich der Model-Fits zeigt, dass das zehndimensionale Modell, als einziges Modell zu einer adäquaten Repräsentation der Daten geeignet ist, da es als einziges Modell akzeptable Fit Indices zeigt ( $\chi^2 = 564.92$ ; CFI=0.95; SRMR = .40; RMSEA=0.03). Alle weiteren Modelle, d. h. auch diejenigen Modelle, die nicht zwischen eher adäquaten und eher inadäquaten Vorstellungen differenzieren, müssen vor dem Hintergrund dieser Analysen abgelehnt werden.

In latenten Profilanalysen wurden Modelle geschätzt, die zwischen einem bis acht Profilen unterschieden. Dabei zeigte sich eine Lösung mit vier Profilen als akzeptabel in Hinblick auf Model Fit, Likelihood-Ratio-Tests, Entropy und kleinster Gruppenhäufigkeit (Log likelihood = -42717.74; n (Parameter) = 53; BIC = 85621.32; LMR = .050; VLRT = .048; Entropy = .84; smallest group frequency = 6.1 %). Innerhalb dieser Analysen wird deutlich, dass sich sowohl Profile zeigen, deren Schülerinnen und Schüler mehr oder weniger differenziert zwischen eher adäquaten und eher inadäquaten unterscheiden. Es zeigt sich jedoch auch ein Profil, in dem zwischen diesen Arten der Items nicht differenziert wird.

### Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse verweisen darauf, dass eine differenziertere Erforschung von eher adäquaten und eher inadäquaten Vorstellungen im Bereich NOSI notwendig sein könnte. Insbesondere betrifft dies quantitative Ansätze und darin Fragebögen mit Likert-skaliertem Format. Auf diese Weise könnten Schülerinnen und Schüler, die eine eher gemischte Kognition zwischen adäquaten und eher inadäquaten Vorstellungen zeigen, differenzierter diagnostiziert und gezielt gefördert werden.

Darüber hinaus implizieren die neuen Erkenntnisse, dass die Konzeptualisierung und die Förderung der NOSI-Vorstellungen nicht im Sinne einer Stufung oder Entwicklung von Vorstellungen stattfinden, da die ermittelten Schülerprofile dem widersprechen. Aus diesem Grund ist die Modellierung als Abstufung von adäquaten hin zu inadäquaten Vorstellung zu stark verallgemeinert, da die Schülerprofile ein viel komplexeres Modell abbilden.

### Information zur Projektförderung

Dieses Projekt wird durch die DFG unter der Projektnummer NE 2105/1-1 gefördert.

### Literatur

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the Sources for our Understandings about Science: Enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353–374. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.629013>
- Abd-El-Khalick, F. (2005). Developing deeper understandings of nature of science: the impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education*, 27(1), 15–42. <https://doi.org/10.1080/09500690410001673810>
- Demir, A., & Abell, S. K. (2010). Views of inquiry: Mismatches between views of science education faculty and students of an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 716–741. <https://doi.org/10.1002/tea.20365>
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., & Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, 95(6), 961–999. <https://doi.org/10.1002/sce.20460>
- KMK. (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.
- Nehring, A. (2014). Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung. Berlin: Logos Verlag.
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K.H., Upmeyer zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1–21. doi:10.1007/s40573-016-0043-2
- Nowak, K.H., Nehring, A., Tiemann, R. & Upmeyer zu Belzen, A. (2013). Assessing students' abilities in processes of scientific inquiry in biology using a paper-and-pencil test. *Journal of Biological Education*, 47 (3), 182–188. doi:10.1080/00219266.2013.822747
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. a., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014a). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry – The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in ScienceTeaching*, 51(1), 65–83. <https://doi.org/10.1002/tea.21125>
- Little, T. (2013). *Longitudinal Structural Equation Modeling*. New York: Guildford Press.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-aboutscience” should be taught in school science? A delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>
- Urban, D., & Mayerl, J. (2014). *Strukturgleichungsmodellierung. Ein Ratgeber für die Praxis*. Wiesbaden: Springer VS.

## Messunsicherheit - ein ungeliebter Gast im Physikunterricht?

### Messunsicherheit im Physikunterricht – Einblicke in den Forschungsstand

Die Betrachtung von Messunsicherheit ist eine fundamentale Fachmethode der Physik. Entsprechend ist ein adäquates Verständnis von Messunsicherheit ein wichtiger Bestandteil des Verständnisses der physikalischen Erkenntnisgewinnung (Buffler, Lubben & Ibrahim, 2009) und damit ein Ziel von Physikunterricht. Dahingehend bieten gerade unsichere Daten und zugehörige Experimente - durch die Notwendigkeit von Argumentation und Auseinandersetzung mit experimentellen Daten - Lerngelegenheiten für die Vermittlung der Natur der Naturwissenschaften (Heinicke, Glomski, Priemer & Rieß, 2010; Kelly, Brown & Crawford, 2000). Gerade „unsichere“ Experimente werden allerdings oftmals im Physikunterricht zu Gunsten von „stabilisierter“ Experimente vermieden (Höttecke, 2013), beispielsweise mittels stark vorstrukturierter Anleitungen. Ein vollständiges Vermeiden des Auftretens unsicherer Messdaten ist allerdings bei der Nutzung von realen Experimenten nicht möglich. Sollte ein Ausblenden von Messunsicherheit im Physikunterricht stattfinden, so ist dies daher ebenso ein Umgang mit Messunsicherheit und vermittelt als solches auch ein Bild über physikalische Fachmethodik (Heinicke, 2014).

Mögliche Problemstellen für den Umgang mit Messunsicherheit und dessen Einbezug in den Physikunterricht finden sich neben dem Fehlen tiefgründigen fachmethodischen Wissens (s. z.B. Buffler & Allie, 2001; Heinicke & Riess, 2009) im Mangel von Kompetenzen und Routinen für einen schulbezogenen Umgang mit unsicheren Evidenzen (Ruhrig & Höttecke, 2015). Weiter zeigt sich eine situationale Diskrepanz beim Umgang mit Messunsicherheit: Das „reasoning on action“ weicht teilweise deutlich vom „reasoning in action“, in experimentellen Handlungen, ab (Heinicke & Riess, 2012). Solche Diskrepanzen sind gerade in der Lehrerbildung vielerorts auffindbar (s. z.B. Wahl, 1991).

### Forschungsdesign und -fragen

In diesem Projekt wurde ein Lehrkonzept entworfen, das den Umgang mit unsicheren Daten ins Zentrum stellt. Hier werden Unterrichtsminiaturen (angelehnt an Korneck et al, 2013) um quantitative Experimente von Studierenden erstellt und in drei Zyklen geplant, durchgeführt, reflektiert und optimiert. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf dem Lehrerhandeln bei unerwartetem Auftreten abweichender Daten. Bei der begleitenden Forschung ergeben sich dabei folgende Forschungsfragen:

- Lassen sich spezifische Typen bzgl. des Umgangs mit Messunsicherheit in Unterrichtssituationen finden?
- Besteht auch hier eine Diskrepanz zwischen „reasoning on action“ und „reasoning in action“?

Die Daten werden dabei in einem Mixed-Method Design erhoben. Neben einer schriftlichen Befragung zu Beginn (Einstellung und Vorstellungen zur Rolle von Messunsicherheit, ...) werden schriftliche Selbstreflexionsanlässe und -einschätzungen in jedem der drei Durchgänge sowie Interviews zum Ende durchgeführt. Die Unterrichtssituationen werden weiterhin videoaufgezeichnet, sodass sie zur Untersuchung des „reasoning in action“ herangezogen werden können. Zunächst wird nun das entwickelte Erhebungsinstrument für die Einstellung zu Messunsicherheit in Physik, Physikunterricht und Natur vorgestellt.

### Erhebungsinstrument

Zur Erhebung der Einstellung zu Messunsicherheit wurde ein geschlossener Fragebogen entworfen. Dabei wurden die Items aus verschiedenen Erhebungsinstrumenten zu Nature of Science und epistemologischem Verständnis (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2001; Urhahne, Kremer & Mayer, 2008; Leach, Millar, Ryder, 2000) aus Daten der Pilotstudie und aus einem Befragungsinstrument zur Vorstellungen zum Umgang mit Messunsicherheit (Heinicke, 2012) adaptiert. Dabei wurden die Items in drei Skalen unterteilt: Die Einstellungen zur ...

- Rolle von Messunsicherheit in der Physik (*Physik*, 16 Items)
- Rolle von Messunsicherheit im Physikunterricht (*Physikunterricht*, 17 Items)
- Unsicherheit in der Natur selbst. (*Physis*, 18 Items)

Nach einer inhaltlichen Validierung durch Expertenratings wurde das Erhebungsinstrument bei N=76 Studierenden und ehemaligen Studierenden des Lehramts Physik der Universität Münster eingesetzt. Nach Eliminierung von drei, zwei und fünf Items der drei Skalen liegen die Werte für Cronbachs  $\alpha$  mit 0.82, 0.85 und 0.80 jeweils im guten Bereich (vgl. Bortz & Döring, 2006).

### Ergebnisse

Das Antwortverhalten in Bezug auf die Items der Skalen *Physik* und *Physikunterricht* ist überwiegend positiv gegenüber der Rolle von Messunsicherheit. Im Falle der Skala *Physikunterricht* fallen die Antworten sogar stark positiv aus, sodass der Mittelwert der Items mit 4.15 bei maximal möglichem Wert 5 noch über „Stimme eher zu“ liegt und Deckeneffekte sichtbar sind. Tabelle 1 zeigt beispielhaft drei der Items dieser Skala mit zugehörigem Antwortverhalten. Der Trend zu einer (in Bezug auf Messunsicherheit) positiven Beantwortung ist auch bei den Items der Skala *Physik* sichtbar, hier jedoch mit einem Mittel von 3.87 etwas schwächer ausgeprägt. Die Items der Skala *Physis* dagegen wurde mit einem Mittelwert von 3.28 relativ ausgeglichen beantwortet.

Tabelle 1: Beispielitems aus Bereich „Physikunterricht“, sowie Mittel aller Items (nach Invertierung der Items mit \*). Skala von 1 bis 5.

| Avg   | SD   | Var | Formulierungen                                                                                                                                      |
|-------|------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.55  | .073 | .41 | „Der Physikunterricht sollte meiner Meinung nach ein möglichst realistisches Bild von physikalischen Messungen und deren Genauigkeiten vermitteln.“ |
| 1.46* | .093 | .68 | „Ich denke, dass die Betrachtung von Messunsicherheiten nicht in den Physikunterricht einbezogen werden sollte.“                                    |
| 4.15  | .098 | .53 | Mittel aller zugehörigen Items zur Einstellung zu Messunsicherheit in Bezug auf Physikunterricht (nach Invertierung von *)                          |

Eine quantitative Typenbildung ist mit der vorhandenen Stichprobe nicht umsetzbar, jedoch konnte eine explorative Faktoranalyse durchgeführt werden (KMO-Wert 0,734), um auf mögliche zugrundeliegende Faktoren zurückzuschließen, die für eine solche Typisierung herangezogen werden können. Die Analyse ergab 3 wesentliche Faktoren (Eigenwerte 7.89, 3.62 und 3.31). Der drittgrößte Faktor konnte eindeutig der Skala *Physis* zugeordnet werden. Der zweitgrößte Faktor (*MU konkret*) besteht einzig aus Items der Skala *Physikunterricht* und bezieht sich auf den Umgang mit Messunsicherheit bei konkretem Auftreten in schulischen Experimenten. Der größte Faktor (*MU allgemein*) beinhaltet gleichermaßen Items der Skalen *Physik* und *Physikunterricht* und scheint sich auf den allgemeinen Einbezug von Messunsicherheit zu beziehen. Analog der vorausgegangenen deskriptiven Beschreibung der Beantwortung der Skalen ist auch hier ein überwiegend stark positives

Antwortverhalten sichtbar, sodass bei einer Typenbeschreibung nur von stärkeren (+) bzw. weniger starken (-) positiven Einstellungen gesprochen werden kann.

Wenngleich keine quantitative Typisierung möglich ist können die Einstellungen mit Selbstreflexionen und dem tatsächlichen Handeln verglichen werden:

*Tabelle 2: Drei Fallbeispiele des vergangenen Veranstaltungsdurchlaufs*

| <b>Fall 1: Messunsicherheit allgemein (-) ; Messunsicherheit konkret (-)</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Schriftliche Selbstreflexion</b>                                                                                                                                                                                                    | <b>Handlung: Der/die Lehrende...</b>                                                                                                                                                                                              |
| „Außerdem lieferten die Messungen durch die Schüler Ergebnisse, die perfekt zum Thema passten, sodass keine Improvisation oder Ausweickerklärungen nötig war.“<br>„auch dass verschiedene Messwerte genannt wurden, war kein Problem.“ | ...schreibt nach Rückfrage zwei verschiedene genannte Werte für selben Federkraftmesser auf.<br>...bezieht unkommentiert nur einen der Werte in grafische Darstellung ein.<br>...gibt auf Rückfrage keine inhaltliche Begründung. |
| <b>Fall 2: Messunsicherheit allgemein (-) ; Messunsicherheit konkret (+)</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Schriftliche Selbstreflexion</b>                                                                                                                                                                                                    | <b>Handlung: Der/die Lehrende...</b>                                                                                                                                                                                              |
| „Reflexion von Messungenauigkeit ist auch gut gelaufen“<br>„Ich habe nicht damit gerechnet, dass eine 2. Messung gemacht werden muss (1. Wert ist ungünstig vom Schüler gewählt)“                                                      | ...fragt Lernende nach Gründen für abweichende Werte.<br>...gibt mögliche Ursachen an, ohne Begründung oder Ausführungen.                                                                                                         |
| <b>Fall 3: Messunsicherheit allgemein (+) ; Messunsicherheit konkret (-)</b>                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Handlung: Der/die Lehrende...</b>                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                   |
| ...spricht das stark schwankende Messgerät erst auf Nachfrage an.<br>...verweist bei Ausbleibendem Einpendeln des Messgerätes darauf, dass eine „ungefähre Messung“ ausreicht.                                                         |                                                                                                                                                                                                                                   |

### **Diskussion und Ausblick**

Der Vergleich der Einstellungen zu Messunsicherheit im Befragungsinstrument mit den qualitativen Beispielen von Unterrichtssituationen weist auch hier auf eine mögliche Diskrepanz zwischen „reasoning on action“ und „reasoning in action“ hin. Die überwiegend positiven Einstellungen spiegeln sich in den tatsächlichen Situationen – wie in den Beispielen dargestellt – nicht unbedingt wieder. Eine Hypothese für die Ursache dieser Diskrepanz ist, wie von Wahl (1991) beschrieben, in dem Handeln unter Druck zu finden: Gerade das unerwartete Auftreten von abweichenden experimentellen Daten führt zu Zeit- und Handlungsdruck und könnte damit als Kristallisationspunkt (ebd.) für eine solche Diskrepanz dienen. Explizites Wissen eines „reasoning on action“ scheint hier zu Gunsten impliziter Handlungsrouitinen vernachlässigt zu werden.

Ebenso wird in den Selbstreflexionen teilweise eine vermeidende Einstellung zum Auftreten von Messunsicherheit im Physikunterricht deutlich. Dies lässt vermuten, dass das Erhebungsinstrument nicht vollständig für eine Erhebung der Einstellung ausreicht, da eine situative Komponente fehlt. Ebenso könnte eine weitere Unterscheidung einer „reflection on action“ sinnvoll sein. Durch Fortführen der Befragung und Triangulierung von Interviews, Selbstreflexionen und Videoaufzeichnungen kann dies weiter untersucht werden.

Dieses Projekt wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.



### Literatur

- Bortz, Jürgen; Döring, Nicola (2006): *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg
- Buffler, Andy; Allie, Saalih; Lubben, Fred (2001): The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. In: *International Journal of Science Education* 23 (11), S. 1137–1156.
- Buffler, Andy; Lubben, Fred & Ibrahim, Bashirah (2009). The Relationship between Students' Views of the Nature of Science and their Views of the Nature of Scientific Measurement. *International Journal of Science Education*, Vol. 31, No. 9, S. 1137-1156.
- Heinicke, S. & Riess, F. (2009): How to cope with Gauss's errors. In: G.Cakmakci & F. Tasar: *Contemporary Science Education Research: Learning and Assessment*. S.23-32.
- Heinicke, S. (2014). Experimentieren geht nicht ohne (Mess-)Unsicherheiten. *Naturwissenschaft im Unterricht Physik: Experimentieren Gestalten* 144, S. 29-31.
- Heinicke, S.; Riess, F. (2012): Missing Links in the Experimental Work: Student's Actions and Reasoning on Measurement and Uncertainty. In: L. Maurines & A. Redfors (Eds.), *ESERA 2011 Proceedings*. *Nature of Science, History, Philosophy, Sociology of Science*.
- Heinicke, Susanne (2012). *Aus Fehlern Wird Man Klug: Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion Des Messfehlers*. Logos Verlag, Berlin.
- Heinicke, Susanne; Glomski, Julia; Priemer, Burkhard; Rieß, Falk (2010): Aus Fehlern wird man klug - Über die Relevanz eines adäquaten Verständnisses von "Messfehlern" im Physikunterricht. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule* 59 (5), S. 26–33.
- Höttecke, D. (2013, June). A sketch of the problem of authentic inquiry-based learning from a history of science perspective. Paper presented at the Twelfth International History, Philosophy, Sociology & Science Teaching Conference (IHPST), Pittsburgh, PA.
- Kelly, G. J., Brown, C. & Crawford, T. (2000). Experiments, contingencies, and curriculum: Providing opportunities for learning through improvisation in science teaching. *Science Education*, 84(5), 624–657.
- Korneck, F., Kunter, M., Oettinghaus, L., Lamprecht, J. & Sach, M. (2014). Analyse von Unterrichtshandeln in komplexitätsreduzierten Sequenzen. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht*. Jahrestagung der GDGP 2013. Kiel: IPN.
- Leach, John; Millar, Robin; Ryder, Jim (2000). Epistemological understanding in science learning: the consistency of representations across contexts. *Learning and Instruction* 10, S. 497–527
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 497-521
- Ruhrig, Jan; Höttecke, Dietmar (2015): Components of Science Teachers' Professional Competence and Their Orientational Frameworks when Dealing with Uncertain Evidence in Science Teaching. In: *Int J of Sci and Math Educ* 13 (2), S. 447–465.
- Urhahne, Detlef; Kremer, Kerstin & Mayer, Jürgen (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? *Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens*. *Unterrichtswissenschaft*, 36 (1).
- Wahl, D. (1991). *Handeln unter Druck: Der weite Weg vom Wissen zum Handeln bei Lehrern, Hochschullehrern und Erwachsenenbildern*. Weinheim: Deutscher Studien Verl.

### Schätzen – Aber wie?

Das Abschätzen physikalischer Größen ist eine interdisziplinäre Kompetenz, die sowohl im Alltag als auch in allen naturwissenschaftlichen Disziplinen unverzichtbar ist. Die Ergebnisse einer an der Westfälischen Wilhelms-Universität durchgeführten Studie zeigen jedoch, dass sowohl Schüler\_innen als auch Erwachsene große Defizite beim Abschätzen physikalischer Größen haben. Die Genauigkeit der Schätzungen ist dabei sowohl unabhängig vom Alter der Lernenden als auch von ihrem bereits erworbenen mathematischen oder physikalischen Fachwissen.

Basierend auf einer Interviewstudie konnten 37 Vorgehensweisen beim Schätzen identifiziert und ein Modell zum Lösen von Schätzaufgaben entwickelt werden. Weitere Analysen zeigen, dass der *Vergleich mit Referenzgrößen* nicht nur am häufigsten von den Lernenden als Ansatz zur Bearbeitung der Schätzaufgabe gewählt wird, sondern auch die größte Erfolgswahrscheinlichkeit hat.

In Anlehnung an diese Ergebnisse wurde eine Methode, wie die Schätzfähigkeit und der Erwerb von *Referenzgrößen* (z.B. in Form von *Stützpunkten*) im naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert werden kann entwickelt, sowie verschiedene Fördermaterialien konzipiert.

#### Aktueller Stand der Forschung

##### *Genauigkeit von Schätzungen*

Sowohl Schüler\_innen als auch Erwachsene haben große Defizite beim Abschätzen physikalischer Größen (Crawford, 1952; Corle, 1960, 1963; Reys et al., 1982; Hildreth, 1983; Crites, 1992; Joram, 2005; Stinken & Heusler, 2015; Stinken, 2017). Im Alltag werden die genauesten Schätzwerte bei Schätzungen der Länge und der Temperatur erzielt, gefolgt von Schätzungen der Geschwindigkeit und Masse (Stinken, 2017). Deutlich größere Defizite lassen sich bei Schätzungen komplexer physikalischer Größen wie Kraft, Beschleunigung oder Dichte erkennen (ebd.). Der Anteil an realistischen Schätzungen steigt nur gering mit dem Alter der Schätzer\_innen an (ebd.). Des Weiteren besteht ein signifikanter Zusammenhang lediglich zwischen der Genauigkeit von Schätzungen der Fläche und des Volumens ( $r_s(833) = .30, p < .001$ ) sowie zwischen Schätzungen der Beschleunigung und der Geschwindigkeit ( $r_s(833) = .34, p < .001$ ) (ebd.). Die Genauigkeit der Schätzungen korreliert weder mit den physikalischen (ebd.), noch mit den mathematischen Fähigkeiten der Schüler\_innen (Crawford & Zylstra, 1952; Corle, 1960; Paull, 1971; Hildreth, 1983, Forrester & Shire, 1984; Hogan & Brezinski, 2003).

##### *Schätzstrategien*

Die identifizierten Schätzstrategien lassen sich in drei Oberkategorien, in Anlehnung an die Anforderungsbereiche (AFB) des Kernlehrplans, gliedern (Abb. 1). Eine ausführliche Beschreibung der unterschiedlichen Strategien findet sich in Stinken (2017). In Anlehnung an die vorgenommene Kategorisierung lässt sich ein einfaches Modell zur Beschreibung der Lösungswege beim Schätzen herleiten. Es zeigen sich zwei grundsätzliche Ansätze beim Lösen von Schätzaufgaben: der *Vergleich mit Referenzgrößen* (Strategien aus AFB 1 & 2) und der *wissenschaftliche (physikalische) Zugang* (Strategien aus AFB 3) zur Schätzaufgabe (vgl. Abb. 2). Innerhalb der beiden Hauptansätze lassen sich beliebig viele Zwischen- und Unterschritte bestimmen, die an dieser Stelle jedoch nicht weiter betrachtet werden sollen.

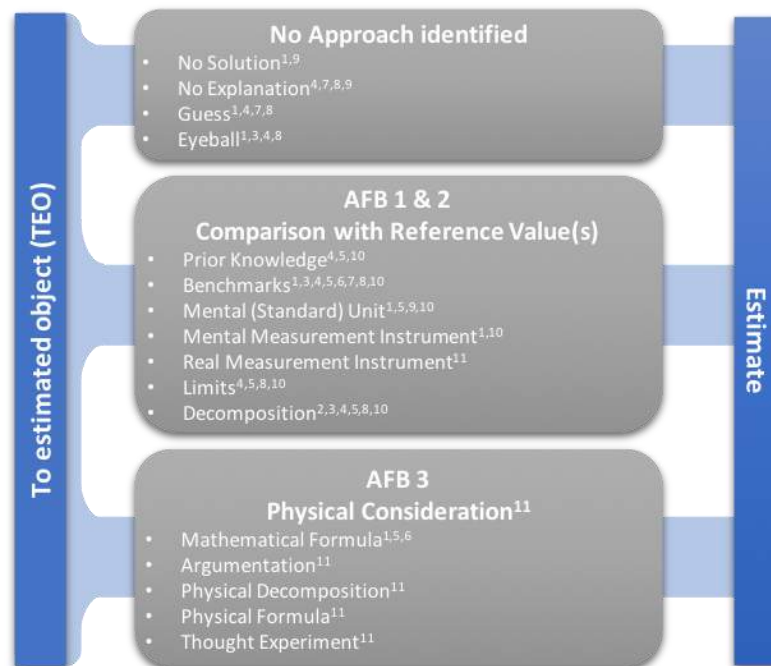


Abb. 1: Beobachtete Schätzstrategien sortiert nach Anforderungsbereichen. Vorgehensweisen, die nicht eindeutig einem Anforderungsbereich (AFB) zugeordnet werden konnten, werden unter „nicht codierbar“ zusammengefasst. Studien, in denen die jeweiligen Strategien beobachtet wurden, werden durch Indizes gekennzeichnet: (1) Friebe, 1967, (2) O'Daffer, 1979, (3) Moskol, 1980, (4) Siegel et al., 1982, (5) Hildreth, (6) Reys et al., 1987, (7) Forrester et al., 1990, (8) Crites, 1992, (9) Forrester & Shire, 1994, (10) Joram et al., 1998, (11) Stinken, 2017.

### Erfolgsversprechende Schätzstrategien

Um die erfolgsversprechendsten Schätzstrategien zu identifizieren wird zunächst die Häufigkeit der Nutzung und anschließend die Erfolgswahrscheinlichkeit der einzelnen Schätzstrategien analysiert.

#### Häufigkeit der Nutzung

Insgesamt werden die Strategien *Stützpunkte*, *Argumentation*, *physikalische Zerlegung & Berechnung*, *reales Messinstrument* und *Grenzen* beim Abschätzen am häufigsten eingesetzt (Stinken-Rösner, 2017). Die Wahl der Schätzstrategie hängt dabei einzig von der zu schätzenden physikalischen Größe ab, nicht vom Alter der Schätzer\_innen oder der An- oder Abwesenheit des zu schätzenden Objektes. Eine Analyse der Häufigkeiten ergibt, dass Schüler\_innen bei Schätzungen der Länge, der Masse, der Zeit und der Temperatur fast ausschließlich *Vergleiche mit Referenzgrößen* durchführen. Bei Schätzungen des Volumens, der Kraft und der Geschwindigkeit werden beide Lösungsansätze annähernd gleichmäßig genutzt. Lediglich bei Schätzungen der Fläche nutzen die befragten Schüler\_innen einen wissenschaftlichen Zugang (Länge mal Breite) (Stinken, 2017). Bezogen auf die Häufigkeit der Nutzung zeigt sich somit eine Tendenz zum *Vergleich mit Referenzgrößen*.

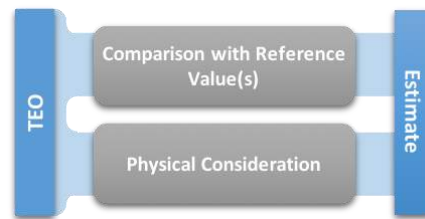


Abb. 2: Einfaches Modell zum Lösen von Schätzaufgaben. Es konnten zwei Hauptansätze bei der Bearbeitung von Schätzaufgaben identifiziert werden: Der Vergleich mit Referenzgrößen und der physikalische Zugang zur Aufgabenstellung.

#### Erfolgswahrscheinlichkeit

Eine kombinierte Analyse des genutzten Lösungsansatzes und der erzielten Genauigkeit des Schätzwertes ergab zudem, dass der *Vergleich mit Referenzgrößen* zu den meisten genauen Schätzwerten für alle untersuchten physikalischen Größen führt (Stinken, 2017). Zwei Gründe sind hierfür ausschlaggebend:

- Der *Vergleich mit Referenzgrößen* ist weniger komplex als der *wissenschaftliche Zugang*, da er auf direkten Vergleichen mit bekannten Objekten und der Anwendung grundlegender mathematischer Operationen (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division) beruht. Beim *physikalischen Zugang* müssen im Gegensatz dazu die physikalischen Zusammenhänge (Formeln) auswendig beherrscht, sowie zum Teil komplexe mathematische Operationen durchgeführt werden. Mehr Gedankenschritte sind nötig, wodurch sich die Fehleranfälligkeit dieses Ansatzes erhöht.
- Ist ein *wissenschaftlich-physikalischer Zugang* aufgrund von fehlendem Fachwissen nicht möglich, besteht die einzig verbleibende Möglichkeit einen Schätzwert zu erzielen darin auf *Vergleiche mit Referenzgrößen* zurückzugreifen. Dies lässt sich unter anderem in den Daten daran belegen, dass kein Zusammenhang zwischen der Genauigkeit von Schätzungen unterschiedlicher physikalischer Größen sowie zwischen der Genauigkeit der Schätzwerte und dem physikalischen Fachwissen nachgewiesen werden konnte (Stinken, 2017).

#### Fazit

Die an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster durchgeführte Studie hat erneut verdeutlicht, dass Schüler\_innen und Erwachsene nur wenige physikalische Größen adäquat abschätzen können. Der *Vergleich mit Referenzgrößen* ist dabei der von den Schätzer\_innen am häufigsten verwendete und der erfolgversprechendste Ansatz beim Abschätzen physikalischer Größen.

Auch wenn die Anwendung eines *wissenschaftlichen Zugangs* ein interdisziplinäres Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichtes darstellt, liegt die aktuelle Herausforderung vielmehr darin, Schüler\_innen baldmöglichst in die Lage zu versetzen akkurate Schätzungen in ihrem Alltag durchzuführen. Dies kann anhand einer gezielten Förderung des *Vergleiches mit Referenzgrößen* realisiert werden, da davon ausgegangen werden kann, dass es für SchülerInnen leichter ist bestehende Strategien auf neue Situationen zu übertragen als neue Strategien zu erlernen.

Lernmaterialien, die einen spielerischen Zugang zu *Referenzgrößen* und den Umgang mit diesen bieten, finden sich z.B. unter [www.schaetzen-dasspiel.de](http://www.schaetzen-dasspiel.de). Auf dieser Homepage sind die im Rahmen der Studie entwickelte App<sup>1</sup> und das zugehörige Kartenspiel zur Verfügung gestellt. Erste Erprobungen der Lernspiele deuten darauf hin, dass bereits ein Einsatz in Vertretungsstunden genügt, um die Schätzkompetenz der Schüler\_innen zu stärken.

<sup>1</sup> „Schätzen! – Wer schätzt am genauesten?“ ist für Android im Google Play Store verfügbar unter: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vancapy.guessapp>

### Literatur

- Corle, C. (1960). A Study of the Quantitative Values of Fifth and Sixth Grade Pupils. *The Arithmetic Teacher*, 7, 333-340
- Corle, C. (1963). Estimates of quantity by elementary teachers and college juniors. *The Arithmetic Teacher*, 10, 347-353
- Crawford, B. & Zylstra, E. (1952). A Study of High School Seniors Ability to Estimate Quantitative Measurements. *The Journal of Educational Research*, 46, 241-248
- Crites, T. (1992). Skilled and Less Skilled Estimators' Strategies for Estimating Discrete Quantities. *The Elementary School Journal*, 92, 601-619
- Forrester, M., Latham, J. & Shire, B. (1990). Exploring Estimation in Young Primary School Children. *Educational Psychology*, 10, 283-300
- Friebe, A. (1967). Measurement understandings in modern school mathematics. *The Arithmetic Teacher*, 14, 476-480
- Hildreth, D. (1983). The Use of Strategies in Estimating Measurements. *The Arithmetic Teacher*, 30, 50-54
- Hogan, T. P. & Brezinski, K. L. (2003). Quantitative Estimation: One, Two, or Three Abilities? *Mathematical Thinking and Learning*, 5 (4), 259-280
- Joram, E. Subrahmanyam, K. & Gelman, R. (1998). Measurement Estimation: Learning to Map the Route From Number to Quantity and Back. *Review of Educational Research*, 68, 4013-449
- Joram, E., Gabriele, A. Bertheau, M., Gelman, R. & Subrahmanyam, K. (2005). Children's Use of the Reference Point Strategy for Measurement Estimation. *Journal for Research in Mathematics Education*, 36, 4-23
- Moskol, A. E. (1980). An exploratory study of the processes that college mathematics students use to solve real-world problems. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Maryland, Maryland.
- O'Daffer, P. (1979). A Case and Techniques for Estimation: Estimation Experiences in Elementary School Mathematics—Essential, Not Extra! *The Arithmetic Teacher*, 26, 46-51
- Paull, D. R. (1971). The ability to estimate in mathematics. PhD thesis, Columbia University
- Reys, R., Rybolt, J., Bestgen, B. & Wyatt, J. (1982). Processes Used by Good Computational Estimators. *Journal for Research in Mathematics Education*, 13, 183-201
- Siegel, A., Goldsmith, L. & Madson, C. (1982). Skill in Estimation Problems of Extent and Numerosity. *Journal for Research in Mathematics Education*, 13, 211-232
- Stinken, L. & Heusler, S. (2015). Measurement Estimation Skills and Strategies of Lower Grade Students. In: J. Lavonen et al. (Eds.): *Proceedings to the ESERA 2015 Conference: Science Education Research: Engaging learners for a sustainable future*, 143-149
- Stinken, L. (2017). "Ich hoffe, du weißt das zu schätzen?!" Eine Erhebung der Schätzkompetenz in der Sekundarstufe I. Logos Verlag Berlin
- Stinken-Rösner, L. (2017) Schätzen – die Kunst des Messens ohne Messgerät. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 66 (2), 12-15

## Verändern von Präkonzepten durch adäquates Schlussfolgern?

Aus konstruktivistischer Perspektive gilt es im naturwissenschaftlichen Unterricht vorhandene Schülervorstellungen aufzugreifen und diese hin zu wissenschaftlich adäquaten Konzepten zu verändern – ein Prozess, der als *Conceptual Change* bezeichnet wird (z.B. diSessa, 2008). Als eine mögliche Strategie, Konzeptveränderungen zu bewirken, wird das Hervorrufen eines kognitiven Konflikts durch widerlegende Evidenz beschrieben (Limón, 2001). Allerdings stellt insbesondere für Grundschüler/innen das Schließen von beobachteten Ereignissen auf die Haltbarkeit ihrer Vorstellungen eine Herausforderung dar (Gauffroy & Barrouillet, 2011), weshalb eine Förderung hypothesenbezogener Schlussfolgerungen in einem inquiry-orientierten Sachunterricht erforderlich ist. In der vorliegenden Studie wird untersucht, ob eine Förderung solcher Schlussfolgerungen das Ablegen nicht adäquater Schülervorstellungen begünstigt und damit zu Konzeptveränderungen beiträgt.

### **Conceptual Change - Verändern von Schülervorstellungen**

Schüler/innen kommen mit Vorwissen in den naturwissenschaftlichen Unterricht, welches häufig von den als korrekt geltenden wissenschaftlichen Vorstellungen abweicht (z. B. Duit & Treagust, 2003, Limón, 2001). Für dieses Vorwissen der Schüler/innen werden im Rahmen der *Conceptual-Change* Forschung unterschiedliche Termini verwendet, wie z. B. Präkonzepte, Schülervorstellungen, Fehlkonzepte, naive Vorstellungen und alternative Vorstellungen. In diesem Beitrag verwenden wir den Begriff der alternativen Vorstellungen (Gropengießer & Marohn, 2018, Wandersee, Mintzes & Novak, 1994), da wir genau die Schülervorstellungen untersuchen, die nicht mit den als wissenschaftlich adäquat geltenden Vorstellungen einhergehen. *Conceptual Change* beschreibt den Lernweg von alternativen Vorstellungen der Schüler/innen hin zu wissenschaftlich adäquaten Konzepten (Duit & Treagust, 2003). Hierbei handelt es sich um keine simple Anreicherung von Wissen, sondern vielmehr um eine Umstrukturierung von vorhandenen Wissensstrukturen (Vosniadou u.a., 2001). Die mögliche Langwierigkeit dieses Prozesses der Umstrukturierung äußert sich z. B. darin, dass sich alternative Vorstellungen häufig als sehr resistent gegen Veränderungen zeigen (Chinn & Malhotra, 2002, Strike & Posner, 1992) sowie oftmals weiterhin parallel zum neu aufgebauten wissenschaftlich adäquaten Konzept bestehen (Duit & Treagust, 2003, Ramsburg und Ohlsson, 2016, Spada, 1994). Wie *Conceptual Change* im Unterricht unterstützt werden kann, ist eine zentrale Frage in der Lehr-Lern-Forschung (Gropengießer & Marohn, 2018). Eine verbreitete Methode, Konzeptveränderungen herbeizuführen, ist die Konfliktstrategie. Diese zielt darauf ab, durch widerlegende Evidenz beim Lerner Unzufriedenheit mit der eigenen Vorstellung herbeizuführen (Chan u.a., 1997, Posner u.a., 1982). Die empirische Befundlage zur Wirksamkeit der Konfliktstrategie ist allerdings kontrovers (Limón, 2001, Ramsburg & Ohlsson, 2016). Studien konnten zeigen, dass widerlegende Evidenz nicht zwangsläufig zu einem bedeutsamen kognitiven Konflikt bei den Lernenden führen muss (Ramsburg & Ohlsson, 2016). So kann widerlegende Evidenz vom Lernenden z. B. gar nicht erst als solche wahrgenommen, ignoriert oder auch abgelehnt werden (Chan u.a., 1997, Chin & Brewer, 1993, Chin & Malhotra, 2002). Limón (2001) stellt heraus, dass das Gelingen der Konfliktstrategie von multiplen Faktoren abhängt wie beispielsweise von Motivation, Vorwissen, Lernstrategien und sozialen Faktoren. Als einen weiteren relevanten Faktor nennt Limón die Schlussfolgerungsfähigkeit des Lernenden.

### **Hypothesenbezogenes Schlussfolgern in einem inquiry-orientierten Sachunterricht**

Die Konfliktstrategie wird zum Beispiel im Rahmen eines inquiry-orientierten Unterrichts eingesetzt, der auch im Sachunterricht didaktisch gefordert wird. Ausgehend von einer Fragestellung stellen die Schüler/innen eigene Vermutungen an, welche sie in einem Experiment überprüfen (Grygier, 2008). Da die untersuchten Schülervorstellungen häufig nicht oder nicht vollständig belastbar sind, stoßen die Schüler/innen im Experiment auf widerlegende Evidenz. Die Fähigkeit, angemessene Schlussfolgerungen anzustellen, wird benötigt, um die widerlegende Evidenz als solche zu erkennen und von bekräftigender Evidenz sowie irrelevanter Information zu unterscheiden. Bei konditionalen Aussagen in der Form eines Relativsatzes (z. B. „Dinge, die mit Luft gefüllt sind, springen“) geben z. B. nur solche Ereignisse Auskunft über den Wahrheitsgehalt einer Hypothese, welche das Antezedens  $p$  (im Beispiel: „mit Luft gefüllt“) erfüllen. Tritt die Konsequenz ebenfalls ein („springt“), bekräftigt das entsprechende Ereignis die Vermutung (z. B. ein Tischtennisball). Tritt die Konsequenz nicht ein, handelt es sich um ein widerlegendes Ereignis (z. B. eine nicht springende hohle Knetkugel) (Barrouillet, Gauffroy & Lecas, 2008). Das Erkennen dieses Ereignisses als widerlegende Evidenz kann dem Lernenden das Erleben eines kognitiven Konflikts ermöglichen (Kang u.a., 2004).

Es gibt zahlreiche Studien, welche empirische Belege für den Zusammenhang von Schlussfolgerungsprozessen und konzeptuellem Lernen liefern (Kang u.a., 2004, Lawson & Thompson, 1988, Lee & Park, 2013, Niaz, 1996, Tsitsipis, Stamovlasis & Papageorgiou, 2012). Bisher nicht untersucht ist der längsschnittliche Zusammenhang von hypothesenbezogenen Schlussfolgerungen bei konditionalen Aussagen und dem Ablehnen von alternativen Vorstellungen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht.

### **Fragestellungen und Hypothesen**

An dieses Forschungsdesiderat knüpft die vorliegende Interventionsstudie zur Förderung des Schlussfolgerns sowie zum fachlichen Konzept von Elastizität und Plastizität („Warum springt ein Ball?“ (Thiel, 1987)) an. Zum einen wird untersucht, (1) inwiefern sich die alternativen Vorstellungen zum Sprungverhalten von Gegenständen im Verlauf der Intervention und danach entwickeln. Es wird erwartet, dass eine Abnahme an alternativen Vorstellungen erfolgt, welche sich zum Postzeitpunkt durch den direkten Einfluss der Intervention stärker zeigt als im Zeitraum nach dem Abschluss der Intervention. Des Weiteren wird untersucht, (2) ob ein Zusammenhang zwischen dem Lernzuwachs beim Schlussfolgern und den Veränderungen von alternativen Vorstellungen besteht. Hier wird ein negativer Zusammenhang angenommen, wobei ein stärkerer Lernzuwachs beim Schlussfolgern mit einer stärkeren Abnahme der alternativen Vorstellungen einhergeht.

### **Methode**

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurde eine quasi-experimentelle Interventionsstudie mit Prä-Post-Follow-Up-Design durchgeführt. Für die Auswertung wurden die Daten von drei geschulten Lehrkräften verwendet, die insgesamt sechs Klassen im dritten Schuljahr unterrichteten ( $N=143$ ). Der inquiry-orientierte Unterricht umfasste sieben Unterrichtsstunden, von denen drei dem Erlernen von Schlussfolgerungen sowie der Auseinandersetzung mit alternativen Vorstellungen dienten.

In der Erfassung hypothesenbezogenen Schlussfolgerns wurden die Schüler/innen in Prä/Post/Follow-Up mit konditionalen Aussagen zum Unterrichtsthema konfrontiert. Anschließend galt es zu entscheiden, ob hierzu präsentierte Ereignisse bekräftigend, widerlegend oder irrelevant in Bezug auf die Vermutung sind. Die Spezifikation eines Messmodells zur Schlussfolgerungsfähigkeit ergab, dass sich diese dreidimensional abbildet. Die adäquate Evaluation von (1) bestätigenden Ereignissen, (2) widerlegenden Ereignissen und (3) irrelevanten Ereignissen erfolgt unabhängig voneinander.

Zur Erfassung der alternativen Vorstellungen wurden den Schüler/innen ebenfalls in Prä/Post/Follow-Up insgesamt acht gängige Vermutungen zum Unterrichtsthema präsentiert. Diesen sollten die Schüler/innen auf einer fünfstufigen Skala zustimmen bzw. diese ablehnen. Die Auswertung erfolgte dichotom, wobei zwei der Items der Zustimmung zuzuordnen waren. Zur Untersuchung der Entwicklung der präsentierten alternativen Vorstellungen wurde die Abnahme der Zustimmung ausgewertet. Die Auswertung der Daten erfolgte mithilfe Mehrebenen-Analysen in SPSS (Heck, Thomas & Tabata 2014).

### **Ergebnisse und Diskussion**

(1) Der Vergleich eines nichtlinearen Verlaufs gegenüber einem linearen Verlauf bei der Entwicklung der alternativen Vorstellungen von Prä über Post nach Follow Up zeigt, dass die Daten mit einem nichtlinearen, quadratischen Modell besser erklärbar sind. Bei den festen Effekten gibt es bei der Zeitvariable einen signifikanten Effekt, d.h. die Zustimmung zu den alternativen Vorstellungen nimmt erwartungsgemäß durchschnittlich über die Zeit ab. Der nichtlineare Term ist negativ und ebenfalls signifikant, was dafürspricht, dass sich die Veränderung der alternativen Vorstellungen über die Zeit verlangsamt bzw. leicht wieder ansteigt. Diese Ergebnisse stützen die Annahme, dass der Einsatz widersprüchlicher Evidenz, wie in der Intervention eingesetzt, zum Ablehnen von alternativen Vorstellungen führen kann (z. B. Chinn & Malhotra, 2002, Lee & Byun, 2012). Die Stagnation der Abnahme an alternativen Vorstellungen lässt annehmen, dass eine mögliche Bewährung des neuen Konzepts im Alltag nicht unbedingt zu einer weiteren Abnahme von alternativen Vorstellungen führt (Ramsburg & Ohlsson, 2016). Vielmehr wird die Annahme gestützt, dass alternative Vorstellungen parallel weiter zum neu aufgebauten wissenschaftlichen Konzept bestehen können (Spada, 1994). Dass die abgelehnten alternativen Vorstellungen zum Follow-Up-Zeitpunkt nicht gänzlich zurückkehren, spricht dafür, dass für die Schüler/innen während des Unterrichts ein bedeutsamer kognitiver Konflikt stattgefunden hat.

(2) In Hinblick auf den Zusammenhang zwischen Veränderungen im Schlussfolgern und Veränderungen in der Bewertung von alternativen Vorstellungen zeigen sich signifikante Ergebnisse bei den beiden Dimensionen der widerlegenden und der irrelevanten Ereignisse. Es zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang hinsichtlich der Veränderung bestätigender Ereignisse und der Veränderung alternativer Vorstellungen. Der signifikante negative Zusammenhang bei der Evaluation von widerlegenden und irrelevanten Ereignissen stützt die Annahme, dass die Schlussfolgerungsfähigkeit das Erleben eines kognitiven Konfliktes ermöglichen könnte, welcher wiederum zum Ablehnen einer alternativen Vorstellung führen kann (Kang u.a., 2004, Lee & Park, 2013). Auch das Erkennen von irrelevanten Ereignissen scheint bedeutsam für die Abnahme von alternativen Vorstellungen zu sein. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass eine fehlerhafte Evaluation von irrelevanten Ereignissen möglicherweise zu weiterer unbegründeter Bestätigung der alternativen Vorstellung führt und damit einem kognitiven Konflikt im Weg steht. Der nicht signifikante Zusammenhang bei der Dimension der bestätigenden Ereignisse könnte damit erklärt werden, dass in diesem Fall keine Unzufriedenheit mit den alternativen Vorstellungen hervorgerufen wird und damit kein Anlass zu einem kognitiven Konflikt besteht.

### **Ausblick**

Im vorliegenden Artikel wurde der Zusammenhang zwischen dem Lernzuwachs beim Schlussfolgern und dem Ablegen von alternativen Vorstellungen untersucht. In einem nächsten Schritt soll mit weiteren Daten aus derselben Studie untersucht werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem Ablegen der alternativen Vorstellungen und dem Aufbau des wissenschaftlich adäquaten Konzepts besteht.



## Literatur

- Barrouillet, P., Gauffroy, C., & Lecas, J.-F. (2008). Mental models and the suppositional account of conditionals. *Psychological review*, 115 (3), 760-771.
- Chan, C., Burtis, J., & Bereiter, C. (1997). Knowledge Building as a Mediator of Conflict in Conceptual Change. *Cognition and Instruction*, 15 (1), 1-40.
- Chinn, C., & Brewer, W. (1993). The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. *Review of Educational Research*, 63 (1), 1-49.
- Chinn, C., & Malhotra, B. A. (2002). Children's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded? *Journal of Educational Psychology*, 94 (2), 327-343.
- DiSessa, A. (2008). A "Theory Bite" on the Meaning of Scientific Inquiry: A Companion to Kuhn and Pease. *Cognition and Instruction*, 26 (4), 560-566.
- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual Change: A powerful frame-work for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25 (6), 671-688.
- Gauffroy, C., & Barrouillet, P. (2011). The primacy of thinking about possibilities in the development of reasoning. *Developmental psychology*, 47 (4), 1000-1011.
- Grygier, P. (2008). *Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gropengießer, H., & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer, 49-67.
- Heck, R. H., Thomas, S. L., & Tabata, L. N. (2014). *Multilevel and Longitudinal Modeling with IBM SPSS*. Second Edition. New York: Taylor & Francis.
- Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2004). Reexamining the Role of Cognitive Conflict in Science Concept Learning. *Research in Science Education*, 34 (1), 71-96.
- Lawson, A. E., & Thompson, L. D. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (9), 733-746.
- Lee, G., & Byun, T. (2012). An Explanation for the Difficulty of Leading Conceptual Change Using a Counterintuitive Demonstration: The Relationship Between Cognitive Conflict and Responses. *Research in Science Education*, 42 (5), 943-965.
- Lee, H., & Park, J. (2013). Deductive Reasoning to Teach Newton's Law of Motion. *International Journal of Science and Mathematic Education*, 11 (6), 1391-1414.
- Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11 (4-5), 357-380.
- Niaz, M. (1996). Reasoning strategies of students in solving chemistry problems as a function of developmental level, functional M-capacity and disembedding ability. *International Journal of Science Education*, 18 (5), 525-541.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of a conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Ramsburg, J. T., & Ohlsson, S. (2016). Category change in the absence of cognitive conflict. *Journal of Educational Psychology*, 108 (1), 98-113.
- Spada, H. (1994). Conceptual change or multiple representations? *Learning and Instruction*, 4 (1), 113-116.
- Strike, K., & Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. Duschl, & R. Hailton (Eds.): *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany, New York: SUNY Press. Pp. 147-176.
- Thiel, S. (1987). Wie springt ein Ball? *Grundschule*, 1, 18-23.
- Tsitsipis, G., Stamovlasis, D., & Papageorgiou, G. (2012). A probabilistic model for students' errors and misconceptions on the structure of matter in relation to three cognitive variables. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10 (4), 777-802.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11 (4-5), 381-419.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J. J., & Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions. In D. Gabel (Eds.): *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan. Pp. 177-210.

## Training des konzeptuellen Verständnisses der Struktur der Materie

### Theoretischer Hintergrund

Für eine Vielzahl von Theorien in der Chemie ist das Wissen über die Zusammensetzung und den Aufbau der Materie eine wichtige Grundvoraussetzung. So ist die Entwicklung eines konzeptuellen Verständnisses von der Struktur der Materie eine der zentralen Einstiegsanforderungen im Chemiestudium.

Dieses Verständnis wird beispielsweise im Rahmen der VSEPR-Theorie benötigt. Diejenigen Themen, welche sich mit Fachinformationen über die Charakteristiken und den Aufbau der Materie beschäftigen, werden unter dem Basiskonzept „*Struktur der Materie*“ zusammengefasst (MSW NRW, 2008).

Im Folgenden wird der Begriff der Struktur der Materie für universitäre Lerninhalte verwendet, da eine vergleichbare Konzeptualisierung der Struktur innerhalb der Fachinhalte angenommen wird.

Dass eine Vermittlung von Fachinhalten ohne die Nutzung von Abbildungen nur äußerst schwierig realisierbar ist (Gilbert, 2007), trifft insbesondere auf Fachinhalte des Basiskonzeptes Struktur der Materie zu, da diese oft räumliche Beziehungen auf atomarer Ebene beinhalten.

Im Bereich der Struktur der Materie werden eine Vielzahl unterschiedlicher und teilweise konkurrierender Repräsentationsarten mit ihren jeweils eigenen Bildsprachen verwendet.

Dabei variiert der Abstraktionsgrad der Repräsentationen je nach zu Lerninhalt und Fokus des Lernzieles.

Eine Möglichkeit die verschiedenen Repräsentationstypen zu ordnen, ist eine Klassifizierung nach ihren jeweiligen Abstraktionsgrad. So kann man allgemein zwischen symbolischen und ikonischen Repräsentationen unterscheiden. (Schnotz, 2005).

Ikonische Repräsentationen, welche auch depiktive Visualisierungen genannt werden, weisen dabei räumliche Ähnlichkeiten zum darzustellenden Realobjekt auf und vermitteln somit Informationen über den dreidimensionalen Aufbau.

Symbolische Abbildungen hingegen stellen die enthaltenden Informationen in einer stark kondensierten Zeichenform dar und bieten keine räumlichen Ähnlichkeiten zum Realobjekt.

Sie werden auch als deskriptive Visualisierungen beschrieben (Schnotz, 2005).

Den Lernenden kann sich der durch eine Abbildung vermittelte Fachinhalt nur dann erschließen, wenn die jeweilige Bildsprache bekannt ist und es so bei der Dekodierung der Informationen nicht zu Missinterpretationen kommt (Weidenmann, 1994).

Chemische Fachinhalte werden auf drei verschiedenen Ebenen vermittelt.

Die makroskopische Ebene beschreibt die wahrnehmbaren Eigenschaften, während die submikroskopische Ebene Möglichkeiten zur Erklärung dieser Wahrnehmungen liefert. Beide Ebenen können aber nicht direkt ineinander überführt werden. So muss die Verbindung über die Repräsentationsebene erfolgen, welche es erlaubt Beschreibung und Erklärung in einer Visualisierung zu verknüpfen (Johnstone, 2000). Dabei kann es bei dem Wechsel der verschiedenen Deutungsebenen zu Problemen für die Lernenden kommen.

Allerdings eignet sich nicht jede Form der Visualisierung im gleichen Umfang für jeden Lernenden. So weisen unterschiedliche individuelle Lernereigenschaften einen direkten Einfluss auf die Lernwirksamkeit mit unterschiedlichen Visualisierungen auf (Höffler, Schmeck & Opfermann, 2013).

Diese Erkenntnisse müssen bei der Generierung von Selbstlernmaterialien mit einbezogen werden, da durch die Art der gewählten Repräsentation Einfluss auch die Effektivität des Trainings beeinflusst wird. Da es sich bei dem konzeptuellen Verständnis der Struktur der Materie nicht um ein statisches Konstrukt handelt (Jackowski & Rumann 2017), lässt sich eine Trainerbarkeit des Konzeptes vermuten.

### **Forschungsfragen**

Nachdem in der ersten Phase des Projekts die Auswirkungen von individuellen Lernereigenschaften auf die Lernwirksamkeit von Repräsentationsformen mit unterschiedlichen Abstraktionsgraden untersucht wurden (Jackowski & Rumann 2017), soll in der zweiten Phase überprüft werden, ob sich das konzeptuelle Verständnis der Struktur der Materie im ikonischen und symbolischen Bereich gezielt gefördert werden kann.

Da eine Trennbarkeit der beiden Teilbereiche im konzeptuellen Verständnis angenommen wird, wird als Hypothese formuliert, dass sich die beiden Teilbereiche gezielt und unabhängig voneinander trainieren lassen können.

### **Methoden**

Die Studie wurde mit zwei Treatments realisiert, einem Selbstlerntraining zum symbolischen und einem zum ikonischen Modellverständnis. Die Treatments wurden in einem Wartekontrollgruppendesign eingesetzt. Die Durchführungsdauer der beiden Trainingseinheiten belief sich auf jeweils 40 Minuten.

An der Untersuchung nahmen  $N=74$  Erstsemester-Bachelor-Lehramtsstudierende mit Studienfach Chemie der Universität Duisburg-Essen teil. Das Durchschnittsalter der Probanden lag bei 20,5 Jahren und die Strichprobe weist mit 48% weiblichen Studierenden ein annähernd ausgewogenes Geschlechterverhältnis auf.

Die Intervention erfolgte in Rahmen einer Übungsveranstaltung, sodass die Kontrollgruppe ebenfalls in chemischen Fachinhalten geschult wurde, allerdings keine gezielte Förderung im Bereich der Struktur der Materie erhielt. Die Interventionen wurden zu zwei Zeitpunkten durchgeführt.

Das ikonische Training wurde im Dezember 2017 in zwei der vier Übungsgruppen eingesetzt, das symbolische Training im Januar 2018 in den übrigen zwei Übungsgruppen.

Zu Beginn des Semesters wurden bereits stabile Fähigkeiten und Informationen, wie das räumliche Vorstellungsvermögen, kognitive Fähigkeiten und personenbezogene Hintergrundinformationen, wie der Bildungshintergrund oder das Kurswahlverhalten im Abitur, erfasst.

### **Ergebnisse**

Eine Überprüfung der Dimensionalität des zugrundeliegenden Modells ergab eine hoch signifikant bessere Passung für ein zweidimensionales Modell ( $p < .001$ ), welches davon ausgeht, dass das symbolische und das ikonische Modellverständnis voneinander trennbare Dimensionen darstellen.

Die Analysen zeigen einen hoch signifikanten Lernzuwachs nach Durchführung des ikonischen Trainings.

Hierzu wurde eine ANOVA mit Messwiederholung gerechnet ( $F [1, 60] = 22.75, p < .001$ ). Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Interaktion zwischen der Gruppenzugehörigkeit und dem erreichten Lernzuwachs auf ( $F [1, 59] = 5.93, p < .05, \eta^2 = 0.461$ ).

Die Studierenden, welche das Training zum ikonischen Modellverständnis erhalten haben, lernen signifikant mehr hinzu als die Kontrollgruppe (vgl. Abbildung 2a).

Auch für das symbolische Training zeigt sich nach der Durchführung ein hoch signifikanter Lernzuwachs ( $F [1, 55] = 30.02, p < .001$ ).

Hier lässt sich ebenfalls eine signifikante Interaktion zwischen der jeweiligen Gruppenzugehörigkeit und dem Lernzuwachs feststellen ( $F [1, 55] = 8.85, p < .05, \eta^2 = 0.139$ ). Die Studierenden, welche das Training zum symbolischen Modellverständnis erhalten haben, lernen also signifikant mehr hinzu als die Studierenden der jeweiligen Kontrollgruppe (vgl. Abbildung 2b).

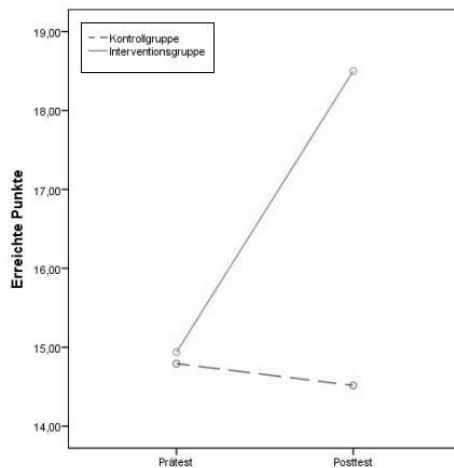


Abbildung 1a: Entwicklung während des ikonischen Trainings

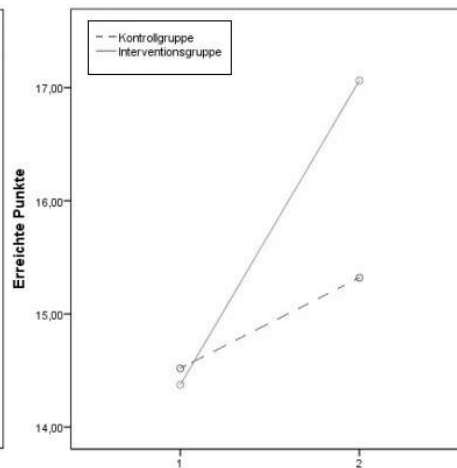


Abbildung 2b: Entwicklung während des symbolischen Trainings

Eine Zusammenhangsuntersuchung mittels bivariater Korrelationsanalyse, für den Lernzuwachs in den Dimensionen des konzeptuellen Verständnisses der Struktur der Materie, ergab für beide Bereiche eine hoch signifikante Korrelation mit dem Fachwissenszuwachs ( $p < .001$  mit  $r = .514$  für den ikonischen Bereich und  $p < .001$  mit  $r = .473$  für den symbolischen Bereich)

### Zusammenfassung und Ausblick

In den Analysen wurde festgestellt, dass sich das konzeptuelle Verständnis der Struktur der Materie in zwei Dimensionen, symbolisch vs. ikonisch, aufteilen lässt.

Beide Dimensionen können unabhängig voneinander und gezielt trainiert werden. Dabei lassen sich signifikante Lernzuwächse in relativ kurzer Trainingszeit erzielen.

Hier soll in Zukunft noch überprüft werden, inwiefern der Wissenszuwachs von der Ausprägung individueller Lernereigenschaften, wie beispielsweise dem räumlichen Vorstellungsvermögen, abhängt.

Auch ist zu klären, in welchem Kausalitätsverhältnis der Zuwachs im Fachwissen mit dem Zuwachs im konzeptuellen Verständnis der Struktur der Materie steht.

## Literatur

- Dickmann, T., Opfermann, M., Rumann, S., Dammann, E., Lang, M. & Schmuck, C. (2016). Prädiktoren von visuellem Modellverständnis in der Chemie. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 392 - 394). Universität Regensburg.
- Ekstrom, R. B., French, J. & Harman, H. (1976). *Factor-Referenced Cognitive Tests*. Princeton, New Jersey: Educational Testing Service.
- Freyer, K. (2013) Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie. *Studien zum Physik- und Chemielernen*: Vol. 156. Berlin: Logos Berlin.
- Gilbert, J.K., Boulter, C.J. & Elmer, R. (2007). *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J. K., Reiner, M. & Nakhleh, M. (2008). *Visualization: Theory and practice in Science Education*. Volume 3. Berlin: Springer Verlag.
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. (2009). *Multiple Representations in Chemical Education*. Volume 4. Berlin: Springer Verlag.
- Hoeffler, T., Opfermann, M., & Schmeck, A. (2013). Static and dynamic visualizations: Individual differences in processing. In G. Schraw, M. T. McCrudden, & D. Robinson (Hrsg.), *Learning through visual displays* (S.133 - 163). Carolina: Information Age Publishing.
- Jackowski, A. & Rumann, S. (2017). Förderung des akademischen Verständnisses der Struktur der Materie. In: C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 676). Universität Regensburg
- Johnstone, A.H. (2000). Teaching of Chemistry – Logical or Psychological? *Chemistry Education research and Practice*, 1 (1), 9.
- Kimpel, L. & Sumfleth, E. (2015). Chemieaufgaben - Mathematisierung als schwierigkeiterzeugender Faktor. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 521 - 523). Universität Regensburg
- Leutner, D., Opfermann, M. & Schmeck, A. (2015). Lernen mit Medien. In Seidel, T. & Krapp, A. (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Weinheim/Basel: Beltz Verlag.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Second Edition. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- McTigue, E., & Flowers, A. (2011). Visual literacy in science texts: Elementary students' perceptions and understandings of common diagrams. *The Reading Teacher*, 64 (8), 578-589.
- Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, a., Hupfer, M., & Zobel, A. (2008). *Kompodium multimediales Lernen*. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.
- Schnotz, W., Baadte, C., Müller, A. & Rasch, R. (2010). Creative Thinking and Problem Solving with Depictive and Descriptive Representations. In Verschaffel, L., de Corte, E., de Jong, T. & Routledge, J. (Hrsg.), *Use of Representations in Reasoning and Problem Solving - Analysis and Improvement* (S.11-35). London/New York: Routledge.
- Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In Mayer, R. E. (Hrsg.) *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weidenmann, B. (1994) *Lernen mit Bildmedien: psychologische und didaktische Grundlagen*. (2. Aufl.). Weinheim/Basel: Beltz Verlag.

Andreas Nehring<sup>1</sup>

Simone Abels<sup>2</sup>

Lisa Rott<sup>3</sup>

Netzwerk inklusiver

naturwissenschaftlicher Unterricht<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Universität Hannover

<sup>2</sup>Universität Lüneburg

<sup>3</sup>Universität Münster

## **Kriterien und Effekte von digitalen Medien in inklusiven Lerngruppen. Ein Symposium des Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht („NinU“)**

### **Digitale Medien und inklusiver Unterricht – Fokus des Symposiums**

Der Ermöglichung eines stärker individualisierten Lernens stellt eines der am häufigsten artikulierten Argumente für den Einsatz digitaler Medien dar. Inklusive Lernsettings, für die die Wertschätzung der Individualität der Schülerinnen und Schüler das zentrale Moment, aber auch die größte Herausforderung darstellt, sollten daher in besonderem Maße von digital unterstütztem Lernen profitieren können. Die Fragen, wie sich Lernangebote in solchen Settings konzeptualisieren und gestalten lassen und welche Effekte dabei empirisch nachweisbar sind, waren Gegenstand des Symposiums „Kriterien und Effekte von digitalen Medien in inklusiven Lerngruppen“. Darin wurden Studien verschiedener Standorte präsentiert und zusammengeführt, die das Erreichen zentraler Lernziele von naturwissenschaftlichem Unterricht (Wissen, Kompetenzen, Vorstellungen) mit Blick auf fachliche Teilhabe sämtlicher Schülerinnen und Schüler einerseits fördern und andererseits untersuchen. Die Ergebnisse wurden aufeinander bezogen und eine erste Standortbestimmung zwischen dem intendierten Potential und den aktuellen Wirkungen eines digital unterstützen inklusiven Unterricht vorgenommen.

Folgende Vorträge wurden im Symposium vorgestellt und diskutiert:

*Nils Fitting, Harald Hemm & Gabriele Hornung: „Fördern und Fordern“ mit individuellen multimedialen Lernzugängen*

Heterogene Lernvoraussetzungen von Schülerinnen und Schülern erfordern geeignete fachdidaktische Ansätze und personenspezifische Materialien. Durch digitale Werkzeuge können individuelle multimediale Zugänge zu Lerninhalten, als auch einen schnellen Wechsel zwischen verschiedenen Darstellungsformen den Lernenden, angeboten werden. Es können so beispielsweise Texte auditiv, Simulationen visuell und deren Interaktion haptisch und Messwerte zugänglich gemacht werden. In diesem Projekt wird ein digitales assistives System, welches sich offline als auch online über die Browseroberfläche bedienen lässt, in der Praxis erprobt. Die entwickelte Software ermöglicht außerdem, das individuelle Nutzungsverhalten der Schülerinnen und Schüler zu registrieren und zu diagnostizieren, um so eine individuelle Förderung oder Forderung dieser zu ermöglichen.

*Julian Küsel & Silvija Markic: Entwicklung und Implementierung einer videobasierten, interaktiven Unterrichtseinheit*

Am Beispiel der Figur Noah werden die Schülerinnen und Schüler in eine interaktive Geschichte insofern involviert, als sie auf Grundlage von chemischem Wissen Entscheidungen für ihn treffen müssen. Dazu entwickeln sie Lösungsvorschläge, müssen ihre Positionen auch mit fachlichen Argumenten stützen und bewerten. Die Schülerinnen und Schüler kommunizieren ihre Entscheidungen der Lehrperson, Noah und anderen Figuren des Films adressatengerecht. Das digitale sowie analoge Material sind sprachsensibel gestaltet.

Digitale Medien wurden in diesem Projekt u. a. dafür genutzt, um Schülerinnen und Schülern eine Zugänglichkeit und Interaktivität zu ermöglichen, die über analoge Medien hinausgeht.

*Malte Walkowiak & Andreas Nehring: Barrierefreiheit und Testzugänglichkeit in Interventionsstudien: Universal Design for Assessment und Universal Design for Learning in einer digital-basierten Lernumgebung zur Förderung von NOS-Konzepten*

Auf Grundlage des Universal Design for Assessment (UDA) und des Universal Design for Learning (UDL) wurde eine experimentelle Interventionsstudie zur Förderung von NOS-Konzepten mit 322 Schülerinnen und Schülern durchgeführt und Bedingungen der iPad-basierten Lernumgebung sowie einer UDA-basierten Adaption eines bereits publizierten Testinstruments zur Erfassung von Konzepten im Bereich „nature of science“ durchgeführt. Dabei werden die Daten mit Blick auf die Vergleichbarkeit der UDA-basierten und Originalversion des Instruments sowie die Förderung von Konzepten sämtlicher Schülerinnen und Schüler ausgewertet.

Digitale Medien wurden in diesem Projekt u. a. dafür genutzt, Kriterien von UDL und UDA umzusetzen, wobei intendiert wird, die Zugänglichkeit zum Lerninhalt sowie zum Testinstrument zu erhöhen.

*Thomas Baumann & Insa Melle: Evaluation multimedialer Lernumgebungen im inklusiven Chemieunterricht*

Allen Schülerinnen und Schülern können im Unterricht Barrieren begegnen, die das Lernen und die Teilhabe am Unterricht ver- bzw. behindern. In diesem Projekt wurde eine multimediale, digitale Unterrichtseinheit in Form einer Lernsoftware entwickelt, deren Ziel es war, möglichst vielen Lernenden einen Zugang zum Lernen und zur Teilhabe am Unterricht zu ermöglichen, indem u. a. unnötige Barrieren abgebaut werden. Bei der Entwicklung der Unterrichtseinheit wurden die Prinzipien des Universal Design for Learning (UDL) berücksichtigt. Damit handelt es sich um eine Alternative zu traditionellen Unterrichtsformaten. In inklusiven Settings wurden die Effekte dieser Lernsoftware evaluiert, wobei das Nutzungsverhalten der Schülerinnen und Schüler beim Lernen mit der Lernsoftware und der Gebrauch der UDL-Funktionen von besonderem Interesse waren.

### **Das Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht („NinU“)**

Das Symposium wurde vom Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht („NinU“, Abbildung 1) konzipiert. Darin sind 15 Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker sowie Schul- und Sonderpädagoginnen und Sonderpädagogen organisiert, die in halbjährlichen Treffen ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm umsetzen (siehe unten).



Netzwerk inklusiver  
naturwissenschaftlicher Unterricht

*Abbildung 1: Logo des Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht („NinU“).*

### **Fokus auf inklusiven Unterricht in NinU**

Nach der in NinU zugrunde gelegten Orientierung trägt naturwissenschaftlicher Unterricht zu „gelungener Inklusion bei, indem er allen Lernenden – unter Wertschätzung ihrer Diversität und ihrer jeweiligen Lernvoraussetzungen – die Partizipation an individualisierten und gemeinschaftlichen fachspezifischen Lehr-Lern-Prozessen zur Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ermöglicht“ (Menthe et al., 2017, S. 801).

### *Zielstellungen des Netzwerks*

Die Zielstellungen von NinU bestehen aktuell in der Analyse und Systematisierung fachspezifischer Anforderungen für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht, in der Konzeption eines fachdidaktischen Rahmens für die Entwicklung und Erforschung inklusiven, naturwissenschaftlichen Lernens und Lehrens, in der Vernetzung mit internationalen und nationalen Expertinnen und Experten, in der Adaption und Weiterentwicklung von Forschungsmethoden für die Erforschung inklusiver Lehr-Lern-Prozesse, in koordinierten Publikationsaktivitäten sowie in der Koordinierung kooperativer Forschungsprojekte und der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Diese Ziele werden entlang von vier Schwerpunkten und sechs Arbeitstreffen umgesetzt (September 2018 bis September 2020). Dabei wird in einem ersten Schritt eine systematische Identifizierung von Forschungsdesideraten vorgenommen (Schwerpunkt 1). Auf dieser Grundlage werden theoretisch und empirisch abgesicherte Gestaltungskriterien für inklusives naturwissenschaftliches Lehren und Lernen zur naturwissenschaftsdidaktischen Fundierung abgeleitet (Schwerpunkt 2). Es werden u. a. die Forschungsprojekte der Netzwerkmitglieder sowie nationaler und internationaler Expertinnen und Experten herangezogen. In einem weiteren Schritt werden methodische Besonderheiten für die empirische Erforschung von inklusiven naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Prozessen spezifiziert (Schwerpunkt 3). Dabei geht es um die Weiterentwicklung des Umgangs mit typischen Differenzlinien bisheriger Forschung, die Adaption von Instrumenten für die Erforschung inklusiver Settings sowie das – für Inklusion spezifische – Verhältnis von Gruppen- und Individualebene. Dementsprechend umfasst das Netzwerk Mitglieder mit Expertise sowohl aus dem qualitativen als auch aus dem quantitativen Bereich. Schließlich werden diese Entwicklungen in kooperativen Forschungsprojekten konkretisiert (Schwerpunkt 4).

### **NinU ist ein offenes Netzwerk und ermöglicht externen Personen die Mitarbeit**

Personen mit Interesse an einer Mitwirkung und Partizipation an NinU können unter: [nehrling@idn.uni-hannover.de](mailto:nehrling@idn.uni-hannover.de) Kontakt aufnehmen.

### **Förderinformation**

Als wissenschaftliches Netzwerk wird NinU von der DFG gefördert (Förderkennzeichen: NE 2015/1-2).



**Literatur**

Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A., & Rott, L. (2017). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Ed.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016 (pp. 800–803). Universität Regensburg. Retrieved from [http://www.gdcp.de/images/tb2017/TB2017\\_800\\_Menthe.pdf](http://www.gdcp.de/images/tb2017/TB2017_800_Menthe.pdf)

## **Entwicklung einer videobasierten, sprachsensiblen Unterrichtseinheit**

### **Theoretischer Hintergrund**

Der Umgang mit Heterogenität und Diversität und das Lernen mit digitalen Medien sind große, aktuelle Herausforderungen für die Schule. Persönliche Gespräche mit Lehrpersonen ergaben, dass die sprachliche und kommunikative Kompetenz der Schülerinnen und Schüler eine große Hürde für das fachliche Lernen in Chemie darstellt. Diese Kompetenz ist sehr unterschiedlich und teilweise sehr schwach ausgeprägt. Ziel in der Entwicklung der vorliegenden Unterrichtseinheit war es, mithilfe des innovativen Einsatzes digitaler Medien diese Kompetenz der Schülerinnen und Schüler besonders zu fördern.

Die Unterrichtseinheit basiert auf verschiedenen Theorien. Um problembasiertes und situiertes Lernen zu ermöglichen, entwickelten wir eine modifizierte anchored instruction basierend auf dem Konzept von Bransford et al. (1990). Anchored instruction führt zu einem Zuwachs an Motivation und zu besseren Lernergebnissen bei Schülerinnen und Schülern. Die verwendeten Anker stellen den Lerninhalt in einen relevanten Zusammenhang und helfen den Schülerinnen und Schülern dabei, nutzbares und anwendungsorientiertes Wissen, statt trägem Wissen zu bilden (Bransford et al., 1990). Ein Anker ist in der Regel eine kleine Geschichte mit einem Problem, die mithilfe eines Mediums (z. B. mit einem Video) präsentiert wird. Ein Video ist eine reiche Informationsquelle (Müller & Kuhn, 2005) und kann anschaulich und unterhaltend für Schülerinnen und Schüler sein. Ein Anker und das damit verbundene Problem sollte ein gutes Maß an Komplexität aufweisen, authentisch sein und situativ oder narrativ eingebunden sein. Das Problem soll die generative Problemlösefähigkeit der Schülerinnen und Schüler ansprechen und den Lernprozess organisieren (Kerres, 2013).

In der von uns entwickelten Unterrichtseinheit wurde als Anker ein selbst produzierter Spielfilm mit einer über alle Unterrichtsstunden durchgängigen Geschichte genutzt, der sich auf verschiedene Themen aus dem naturwissenschaftlichen Lehrplan zum Thema „Kleidung – meine Zweite Haut“ konzentriert. Dieses narrative Lernen kann zu Begeisterung und Interesse führen (Mcquiggan et al., 2008; Schwänke, 2005). Der Film ist interaktiv gestaltet. Die Schülerinnen und Schüler können mithilfe von Entscheidungen mit der Geschichte und der Hauptfigur Noah interagieren. Diese Interaktivität ist ein spielerisches Element, das durch die aktive Einbeziehung eine erhöhte Motivation (Haack, 2002), Neugier (Schelhowe, 2007) und ein Relevanzempfinden bei Schülerinnen und Schülern bewirken kann (Anderson, 2003). Insbesondere hier wurde der Aspekt der sprachlichen Heterogenität in den Blick genommen. Denn hier können die Schülerinnen und Schüler in das Geschehen eingreifen und miteinander und interaktiv mit dem Film adressatengerecht kommunizieren.

### **Entwicklung der Unterrichtseinheit**

Nach dem Vorbild der Partizipativen Aktionsforschung (Eilks & Ralle, 2002) entwickelten etwa zehn Lehrkräfte und zwei Fachdidaktiker ein neuartiges, videobasiertes Konzept für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Im Entwicklungsprozess wurden das Konzept, die Methoden, Arbeitsblätter und Experimente von der Gruppe überprüft und überarbeitet. Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der sprachlichen Sensibilität des Unterrichtsmaterials. Drei der Lehrpersonen nahmen freiwillig an der Erprobung im Unterricht teil und testeten die entwickelten Materialien in ihren Klassen.

### **Die Unterrichtseinheit**

In der interaktiven Geschichte ist Noah die Hauptfigur und die Schülerinnen und Schüler müssen ihm bei seinen Problemen helfen, indem sie Entscheidungen für ihn treffen. Um die Probleme zu lösen, benötigen die Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliches Wissen, das sie in der jeweiligen Unterrichtsstunde lernen. Für eine fundierte Entscheidung müssen sie ihr erworbenes Wissen in den Kontext von Noahs Situation in der Geschichte stellen. Aus diesem Grund gibt es Diskussionen in Gruppen und in der Klasse, in denen die Schülerinnen und Schüler ihr naturwissenschaftliches Wissen anwenden. Sie entwickeln Lösungsvorschläge, müssen ihre Positionen mit Argumenten stützen und bewerten. Dadurch ergeben sich viele Kommunikationsanlässe. Anschließend kommunizieren sie adressatengerecht die Entscheidung der Lehrperson bzw. Noah und anderen Figuren des Films.

Die Entscheidungen der Schülerinnen und Schüler bestimmen den weiteren Verlauf der Geschichte. Nach einer Problemlösung führt die Geschichte zu neuen Problemen und damit zu weiteren Themen des Lehrplans. Die Geschichte enthält Action, eine Liebesgeschichte und lustige Momente, um die Schüler zu unterhalten und sie zu motivieren. Es wurde sichergestellt, dass die Probleme komplex genug sind, um verschiedene Lösungsmöglichkeiten zu generieren und dass die Entscheidungen in die Gesamtgeschichte passen. Der Film ist sprachsensibel entwickelt und dem Alter der Schülerinnen und Schüler angepasst, das heißt Noah hat zum Beispiel ein ähnliches, jugendliches Alter, eine ähnliche Sprache und spricht die Schülerinnen und Schüler direkt an. Das Drehbuch wurde von der Gruppe der Lehrpersonen so gestaltet, dass in der gesprochenen Sprache wenig Nebensätze genutzt werden. Dies wurde auch in den analogen Tools, wie Experimentiervorschriften und Arbeitsblättern beachtet. Daneben wurden weitere Methoden zur Unterstützung des sprachlichen Lernens im Fachunterricht genutzt, wie z. B. Wortlisten, Bildsequenzen und Satzkonstruktionen (vgl. Leisen, 2010).

### **Evaluation**

Die entwickelte Unterrichtseinheit wurde mit insgesamt 106 Schülern in fünf Klassen des 7. und 8. Jahrgangs an zwei Gesamtschulen in Bremen getestet. Die Unterrichtseinheit bestand aus 5 Doppelstunden, so dass in jeder Klasse über einen Zeitraum von etwa 5 Wochen getestet wurde.

Die Evaluation der Unterrichtseinheit basiert auf einer Triangulation von Daten von Schülerinnen und Schülern, Lehrpersonen und Fachdidaktikern. Die Lernenden konnten in offenen Fragen und in einem Likert-Fragebogen den Unterricht bewerten. Zudem wurde nach der Unterrichtseinheit ein Wissenstest durchgeführt. Die Sichtweise der Lehrpersonen wurde durch Interviews nach einer Doppelstunde und/oder nach der gesamten Unterrichtseinheit erfasst. Zusätzlich war ein Fachdidaktiker bei jeder Unterrichtsstunde anwesend und bewertete das Geschehen in einer teilnehmenden Beobachtung.

### **Ergebnisse**

Aus den offenen Fragen in dem Fragebogen für die Schülerinnen und Schüler war zu erkennen, dass den Lernenden „mit dem Film zu arbeiten“, „Noah“ und „die Möglichkeit, Entscheidungen zu treffen, die Noah helfen“ gefielen. Der Unterricht war „weniger langweilig“, „vielseitig“ und „intensiver“. Der Likert-Fragebogen (Abb. 1) ergab, dass die Lernenden die Arbeit mit dem Film mochten und dass die Arbeit ihnen Freude bereitete. Mehr als die Hälfte wurde durch den Film motiviert, am Unterricht aktiv teilzunehmen und sie mochten, dass sie ihre Meinung im Unterricht äußern konnten. Bezüglich der sprachsensiblen Tools antworteten die Lernenden, dass die Arbeitsmaterialien verständlich waren und dabei halfen, den Unterricht zu verstehen. Weitere Hilfekarten bzw. Tipps wurden nicht gewünscht. Darüber hinaus wurde die Schwierigkeit des Unterrichtsstoffs als angemessen bewertet.

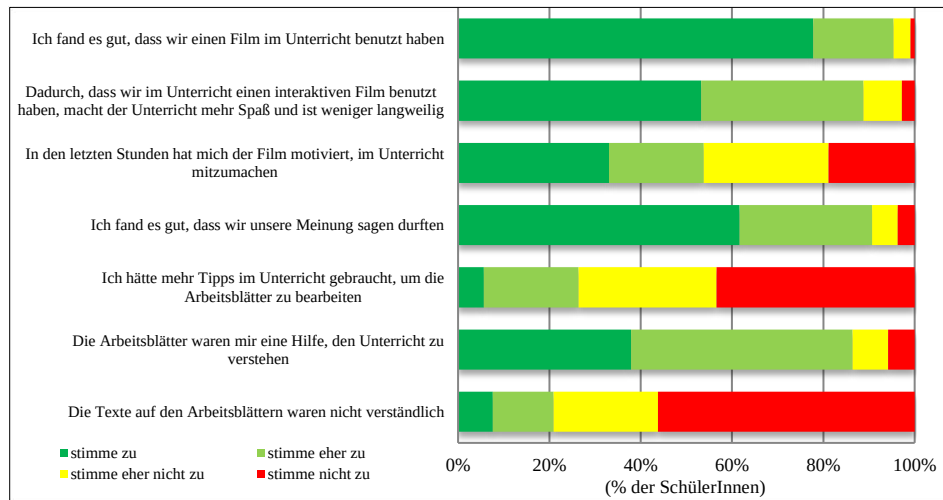


Abb. 1: Ergebnisse des Likert-Fragebogens zur Bewertung durch die Lernenden

Die Durchschnittsnote der Schülerinnen und Schüler im Wissenstest betrug 2,64.

Die teilnehmenden Lehrpersonen bestätigen, dass die Lernenden durch dieses Unterrichtskonzept hoch motiviert und inhaltlich interessiert wirkten. Sie beschrieben den Zusammenhang zwischen Geschichte und Fachinhalt als kohärent. Außerdem beschrieben die Lehrpersonen, dass ihre Klassen im Wissenstest im Vergleich zu ihren vorherigen Noten bessere Lernergebnisse hatten.

Die teilnehmende Beobachtung durch den Fachdidaktikers bestätigte die Ergebnisse der Lehrpersonen und Lernenden. Darüber hinaus wurden in den Entscheidungsphasen interessante Diskussionen zwischen den Schülerinnen und Schülern beobachtet, in denen sie ihr naturwissenschaftliches Wissen anwendeten und auf die Situation im Film bezogen.

### Fazit

Die Ergebnisse zeigen übereinstimmend eine erhöhte Motivation und Interesse der Schülerinnen und Schüler an der Arbeit mit dem interaktiven Film. Die Schüler waren interessiert an und neugierig auf die Geschichte und diskutierten lebhaft. Viele schienen sich mit der Hauptfigur zu identifizieren und hatten Spaß daran, Noah bei seinen Problemen zu helfen und so zu lernen. Die Probleme können daher als authentisch und realistisch bewertet werden, was eine problemorientierte Lernumgebung mit starken und zielgruppengerechten Medienankern bedeutet. Einige der Lehrerinnen und Lehrer waren überrascht von den guten Lernergebnissen ihrer Schülerinnen und Schüler im Wissenstest.

Das entwickelte Unterrichtskonzept ist niedrigschwellig, bietet viele Gesprächsanlässe, berücksichtigt die sprachliche Heterogenität der Schülerinnen und Schüler und ermöglicht eine adressatengerechte Kommunikation. Es eignet sich zur Förderung der sprachlichen und kommunikativen Fähigkeiten der Lernenden. Der entwickelte Unterrichtsplan eröffnet eine sinnvolle und vielversprechende Möglichkeit, digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht zu nutzen und den Unterricht sprachsensibel zu gestalten. Die Idee und das Konzept können auch für verschiedene Themen, Fächer und Altersgruppen genutzt werden.

## Literatur

- Anderson, T. (2003). Getting the mix right again: An updated and theoretical rationale for interaction. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 4(2), Athabasca University Press. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v4i2.149>
- Bransford, J.D., Sherwood, R.D., Hasselbring, T.S., Kinzer, C.K., & Williams, S. M. (1990). Anchored instruction: Why we need it and how technology can help. In D. Nix & R. Spiro (Eds.), *Cognition, Education, and Multimedia: Exploring Ideas in High Technology* (pp. 115-141). New York, London: Routledge
- Eilks, I., & Ralle, B. (2002). Participatory Action Research in chemical education. In B. Ralle & I. Eilks (Eds.), *Research in Chemical Education - What does this mean?* (pp. 87-98), Aachen: Shaker.
- Haack, J. (2002). Interaktivität als Kennzeichen von Multimedia und Hypermedia. In L.J. Issing & P. Klimsa (Eds.), *Informationen und Lernen mit Multimedia und Internet. Lehrbuch für Studium und Praxis*, (pp. 126-138), München: Verl. Internat. Psychoanalyse
- Kerres, M. (2013). *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote*. München: Oldenburg-Verlag.
- Leisen, J. (2012). *Handbuch Sprachförderung im Fach: sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis*. Bonn: Varus-Verlag
- Mcquiggan, S.W., Rowe, J.P., Lee, S., & Lester, J.C. (2008). Story-based learning: The impact of narrative on learning experiences and outcomes. In B.P. Woolf, E. Aïmeur, R. Nkambou & S. Lajoie (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems. IST 2008. Lecture Notes in Computer Science* (pp. 530-539), vol. 5091. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Müller, A., & Kuhn, J. (2007). Ein modifizierter „Anchored-Instruction“-Ansatz im Physikunterricht: Ergebnisse einer Pilotstudie. *Empirische Pädagogik*, 19 (3), 281-303
- Schelhowe, H. (2007). *Technologie, Imagination und Lernen: Grundlage für Bildungsprozesse mit Digitalen Medien*. Münster: Waxmann.
- Schwänke, U. (2005). *Die Storyline-Methode: Ein innovatives Unterrichtskonzept in der Praxis (1. bis 4. Klasse)*. Donauwörth: Auer Verlag

## **Barrierefreiheit und Testzugänglichkeit in Interventionsstudien: Universal Design for Assessment and Universal Design for Learning in einer digital-basierten Lernumgebung zur Förderung von NOS-Konzepten**

### **Einführung**

Nature of Science (NOS) umfasst wissenschaftstheoretisch fundierte Vorstellungen über die Eigenschaften und Prozesse der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, als auch des naturwissenschaftlichen Wissens. Damit soll NOS Schülerinnen und Schülern ermöglichen, u. a. kritisch zu hinterfragen, welchen Einflüssen die Wissensproduktion in den Naturwissenschaften unterliegt.

Insbesondere für einen inklusiven Chemieunterricht stellt die Förderung von NOS-Konzepten ein zentrales Ziel dar, weil es zu einem wesentlichen Teil zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung beiträgt (Holbrook & Rannikmae, 2007). „Naturwissenschaftliche Grundbildung ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung.“ (KMK, 2005, S. 6). Der Verweis auf den Beitrag der naturwissenschaftlichen Grundbildung auf die Allgemeinbildung, kann als eine Forderung nach Teilhabe aller Menschen an der naturwissenschaftlichen Grundbildung aufgefasst werden und steht im Einklang mit den Anforderungen an einen inklusiven, naturwissenschaftlichen Unterricht (Menthe et al., 2017).

### **UDL: Teilhabe an Lerninhalten durch digitale Medien im Chemieunterricht**

Eine Möglichkeit Teilhabe am gemeinsamen Lerngegenstand zu erhöhen, verspricht das Universal Design for Learning (UDL). UDL folgt dabei den drei Prinzipien der multiplen Mittel der Repräsentation von Informationen („Was“ des Lernens), der Verarbeitung von Informationen und der Darstellung von Lernergebnissen („Wie“ des Lernens) sowie der multiplen Förderung des Lernengagements und der Lernmotivation („Warum“ des Lernens) (CAST, 2018; Schlüter, Melle, & Wember, 2016). In Kombination mit digitalen Medien ergeben sich Potenziale für die Gestaltungen von barrierefreien Lernumgebungen, die die inhaltliche Arbeit an einem gemeinsamen Lerngegenstand und eine Adaptierung dieser Arbeit durch den Lernenden selbst ermöglicht (Brownell, Smith, Crockett, & Griffin, 2012). So sind beispielsweise die Integration von verschiedensten medialen Repräsentationsformen, die Nutzung einer Vorlesefunktion, die Anpassung von Formatierungen, wie die Skalierung des Bildschirms oder aber Self-Assessments möglich.

### **UDA: Zugänglichkeit zu Testinstrumenten in inklusiven Settings**

Die Frage nach geeigneten Assessmentformen für inklusive Lernsettings bleibt innerhalb der Naturwissenschaftsdidaktik weitgehend unbeantwortet. Einen Anhaltspunkt für ein inklusives Assessment diskutiert Phillips (1994) mit der These des „differential boost“, den Lernenden mit Förderbedarf (SPF) im Vergleich zu Lernenden ohne SPF, durch Adaptionen des Assessments erfahren sollen. Lindstrom (2010) stellt in einer Metaanalyse für die Mathematikdidaktik fest, dass ausschließlich Studien aus dem Elementarbereich einen „differential boost“ beobachten konnten. Dabei wurden diverse Adaptionen, wie leichtere Sprache, der Einsatz einer Vorlesefunktion sowie vielfältige Organisationsstrategien zur Aufgabenbearbeitung angewendet. Neue Forschung zur Testadaptionen sieht hierfür einen möglichen Grund in der bisher verwendeten Untersuchungsmethodik (Elliot et al., 2018).

### Konsequenzen über eine Förderung von NOS-Konzepten

Die Förderung von NOS-Konzepten stellt ein Schlüsselziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts dar. Entsprechend gilt dies für inklusive Lernsettings, für die bisher wenig Ergebnisse vorliegen, die NOS-Konzepte umfassen. Da die NOS-Konzepte vor allem über die explizite Reflektion entwickelt werden (Mulvey, Chiu, Ghosh, & Bell, 2016) und der Kontext eine untergeordnete Rolle spielt (Bell, Mulvey, & Maeng, 2016), sollte eine Lernumgebung zur Förderungen von NOS-Konzepten diese explizit und reflektierend adressieren. Wenn die Teilhabe durch die Nutzung einer digitalen, UDL-basierten Lernumgebung gewährleistet wird, stellt sich die Frage nach einer geeigneten Erfassung der NOS-Konzepte. Hierfür erweist sich das UDA als vielversprechend.

### Studienziele und Fragestellungen

Das Ziel der Studie bestand darin, eine digitale, UDL-basierte, inklusive Lernumgebung und ein geeignetes UDA-basiertes Assessment zu entwickeln und zu überprüfen.

- Inwiefern lassen sich Hinweise für das Vorliegen von Messinvarianz bei einem UDA-basierten und einem herkömmlichen Assessment bei der Erfassung von NOS- Konzepten nachweisen?
- Zeigen sich die Skalen der originalen und UDA-basierten Version als messinvariant?
- Inwiefern lassen sich Hinweise für eine Erhöhung der Testzugänglichkeit in der UDA-basierten Version nachweisen?
- Lässt sich ein höherer Lernzuwachs die für Gruppen nachweisen, die in einem UDL-umfänglichen Setting gearbeitet haben?
- Inwiefern lassen sich Hinweise für eine weitgehende Partizipation am Lernerfolg ableiten und ist diese umfänglichen UDL Setting höher?

### Methoden

Zur Beantwortung der Fragen wurden zwei digitale, iPad-basierte Lernumgebungen entwickelt (umfänglich UDL-basiert - im Folgenden: „UDL (+)“ - und digital, im Folgenden: „UDL (-)“). Beide thematisieren die gleiche Aufgabenstellung und haben eine gleiche Informationsquelle in Form eines Videos. Die UDL-(+)-Lernumgebung weist, im Gegensatz zur digitalen, mehr Interaktionsmöglichkeiten und zusätzliche Repräsentationsformen des Lerninhalts auf.

Tabelle 1: 2x2-Design der Studie.

| Fragebogen-<br>instrument<br>(UDA vs. Original) | Digitale Lernumgebung<br>UDL (+) vs. UDL (-) -> multipler Repräsentationen) |                                           |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                 | Gruppe 1:<br>UDL (+) & UDA                                                  | Gruppe 2:<br>UDL (-) & UDA                |
|                                                 | Gruppe 3:<br>UDL (+) & Originalfragebogen                                   | Gruppe 4:<br>UDL (-) & Originalfragebogen |

Die Lernumgebungen wurden mit einem Likert-Instrument zur Erfassung von NOS-Konzepten kombiniert (Kampa et al., 2016). Dieses Instrument wurde für inklusive Kontexte adaptiert und in einer UDA-basierten Version eingesetzt. Damit ergeben sich vier Lern- und Assessmentbedingungen, die in einem 2x2-Design gegeneinander getestet werden (Tab. 1). Die Maßnahmen zur Operationalisierung von ADA sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: UDA-basierte Maßnahmen zur Erhöhung der Testzugänglichkeit.

|                    | Original Assessment    | UDA-basiertes Assessment           |
|--------------------|------------------------|------------------------------------|
| iPad-basiert       | X                      | X                                  |
| Antwortformat      | Standard Likert-Design | Konzepte und Bewertung alternieren |
| Leichte Sprache    |                        | X                                  |
| Vorlesefunktion    |                        | X                                  |
| Seitenorganisation |                        | X                                  |
| 5 Items pro Seite  |                        | X                                  |

Insgesamt arbeiteten 348 (MW = 12,2 Jahre) Schülerinnen und Schülern von vier integrierten Gesamtschulen in diesen Bedingungen. Fünf Prozent der Schülerinnen und Schüler gaben einen sonderpädagogischen Förderbedarf an.

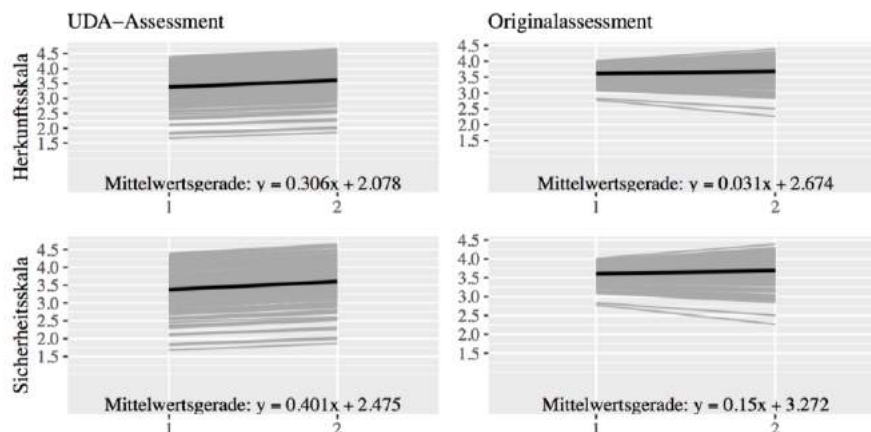
Auf methodischer Ebene wurden strukturgleichungsmodellbasierte Messinvarianzprüfungen, DIF-Analysen vor dem Hintergrund inklusionsspezifischer Gruppeneinteilungen, Multi-Group-Panelmodelle und Regression der Lernumgebung auf Lernzuwächse in latenten Wachstumsmodellen verwendet, um die Forschungsfragen zu beantworten.

### Ausgewählte Ergebnisse

Die Analysen zeigen dabei, dass die UDA-basierten und originalen Fragebogenskalen mindestens partiell skalare Messinvarianz hergestellt werden kann (Walkowiak, 2019; Walkowiak & Nehring, 2018). Wie Abbildung 1 zeigt, wird auch deutlich, dass sich die Streuung zu den Prä- und Post-Messzeitpunkten unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Die Longitudinal Plots ermöglichen dabei eine stärker individualisierte Auswertung der quantitativen Daten.

Ein „differential boost“ kann nicht auf der Ebene Mittelwerte (Lindstrom, 2010) jedoch auf der Ebene der internen Konsistenzen beobachten werden (Elliot et al., 2018). Jedoch zeigt sich, dass Itemmerkmale und die Effekte der Adaptierungen miteinander zusammenhängen.

Abbildung 1: Longitudinal Plots zu Trajektorien aller Schülerinnen und Schüler zu den Skalen aus beiden Assessments am Beispiel der „Sicherheit“ und „Herkunft“ von naturwissenschaftlichem Wissen.



Wenn Lernzuwächse mit einer schwachen bis mittleren Effektstärke nachweisbar sind, wird deutlich, dass die UDA-basierte und originale Fragebogenversion unterschiedliche Implikationen über Wirksamkeit der Intervention zulassen. Ausführliche Ergebnisse werden im Rahmen des Manuskripts der Dissertation von Walkowiak (2019) berichtet.



## Literatur

- Beddow, P. (2011). Beyond Universal Design: Accessibility Theory to Advance Testing for All Students. In *Assessing Students in the Margin: Challenges, Strategies and Techniques* (S. 581–406). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Bell, R. L., Mulvey, B. K., & Maeng, J. L. (2016). Outcomes of Nature of Science Instruction along a Context Continuum: Preservice Secondary Science Teachers' Conceptions and Instructional Intentions. *International Journal of Science Education*, 38(3), 493–520. <http://doi.org/10.1080/09500693.2016.1151960>
- CAST (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*. Retrieved from <http://udlguidelines.cast.org>
- Elliott, S. N., Kettler, R. J., Beddow, P. A. & Kurz, A. (2018). Handbook of Accessible Instruction and Testing Practices. Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-319-71126-3
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The Nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347–1362. <http://doi.org/10.1080/09500690601007549>
- Lindstrom, J. H. (2010). Mathematics Assessment Accommodations: Implications of Differential Boost for Students With Learning Disabilities. *Intervention in School and Clinic*, 46(1), 5–12. <https://doi.org/10.1177/1053451210369517>
- Kampa, N., Neumann, I., Heitmann, P., & Kremer, K. (2016). Epistemological beliefs in science-a person-centered approach to investigate high school students' profiles. *Contemporary Educational Psychology*, 46, 81–93. <http://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.04.007>
- KMK (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. Kultursministerkonferenz. Abgerufen von [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf)
- Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A., & Rott, L. (2017). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 800–803). Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP).
- Mulvey, B. K., Chiu, J. L., Ghosh, R., & Bell, R. L. (2016). Special education teachers' nature of science instructional experiences. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(4), n/a-n/a. <http://doi.org/10.1002/tea.21311>
- Phillips, S. E. (1994). High-Stakes Testing Accommodations: Validity Versus Disabled Rights. *Applied Measurement in Education*, 7(2), 93–120. [http://doi.org/10.1207/s15324818ame0702\\_1](http://doi.org/10.1207/s15324818ame0702_1)
- Schlüter, A.-K., Melle, I., & Wember, F. B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 61(3), 270–285.
- Walkowiak, M. (2019) *Konzeption und Evaluation von universell designeten Lernumgebungen und Assessments zur Förderung und Erfassung von Nature of Science Konzepten*. Dissertationsmanuskript zur Erlangung des Grades Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.). Leibniz Universität Hannover: Hannover
- Walkowiak, M., & Nehring, A. (2017). Eine inklusive Lernumgebung ist nicht genug: Fachspezifik, Theoretisierung und inklusive Unterrichtsentwicklung in den Naturwissenschaftsdidaktiken. *Zeitschrift Für Inklusion*, 2017(3).
- Walkowiak, M., & Nehring, A. (2018). Assessing Nature of Science Concepts in Inclusive Chemistry Classes Using Universal Design for Assessment. In O. E. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran, & P. Childs (Eds.), *Research, Practice and Collaboration in Science Education Proceedings of the ESERA 2017 Conference* (pp. 2322–2334). Dublin: Dublin City University.

## Evaluation multimedialer Lernumgebungen im inklusiven Chemieunterricht

### Motivation

In den letzten Jahren wurden verschiedene Gesetze (Bundestag, 2002; Deutsches Institut für Menschenrechte, 2009; Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2013) verabschiedet, die das Recht auf gleichberechtigte Teilnahme am öffentlichen Schulleben für Jeden zusichern. Die Verabschiedung dieser Gesetze bedeutet eine erneute Zunahme der Vielfalt in den Klassenzimmern. Die UN-Behindertenrechtskonvention (2009) fordert den Einsatz geeigneter ergänzender und alternativer Methoden, Mittel und Formate, um den Lernprozess in inklusiven Klassen zu unterstützen.

In den USA wurde das *Universal Design for Learning* (UDL) (Center of Applied Special Technology, 2012) entwickelt, welches eine Grundlage zum Planen und Gestalten von inklusivem Unterricht darstellt (Schlüter, Melle & Wember, 2016; Michna, Melle & Wember, 2016). Neue Technologien nehmen im UDL einen besonderen Stellenwert ein. Werden diese an geeigneter Stelle im Unterricht eingesetzt, reduzieren sie Barrieren, bieten vielfältige Zugänge zum Unterricht und zu den Inhalten und unterstützen das Lernen (Meyer, Rose & Gordon, 2014). Computer werden als sog. prothetische Hilfsmittel in Förderschulen bereits häufiger eingesetzt als in regulären Schulen (Mihajlovic, 2012) und können das Lernen durch vielfältige Zugänge unterstützen.

Ziel dieses Projektes ist es daher, eine multimediale, digitale, individuelle und universell zugängliche Unterrichtseinheit für den Computer als Alternative zu traditionellen Paper-Pencil-Einheiten, die den Anforderungen der UN-Konvention entspricht, zu entwickeln und zu evaluieren.

### Forschungsdesign und Instrumente

Basierend auf einer Unterrichtseinheit zum Thema *Chemische Reaktion*, die von Michna nach den Richtlinien des UDL entwickelt worden ist (Michna & Melle, 2018), wurde ein Lernprogramm (Kerres, 2013) konzipiert. Die Inhalte der Unterrichtseinheit wurden unter Einbezug neuer Technologien modifiziert und nach den UDL-Richtlinien erweitert. So wurden in der Lernsoftware Audioaufnahmen von den einzelnen Textabschnitten, Videos und verschiedene Aufgaben eingefügt, um den Richtlinien des UDL zu entsprechen. Das Ziel der hier beschriebenen Einheit war es, das Basiskonzept *Chemische Reaktion* im Anfangsunterricht Chemie in inklusiven Klassen an Gesamtschulen einzuführen. Um die Lerneinheit zu evaluieren, wurden der Fachwissenszuwachs und das Nutzungsverhalten der Lernenden bei Anwendung der Lernsoftware schwerpunktmäßig unter folgenden Forschungsfragen analysiert:

- F1:** Eignet sich die Lernsoftware zur Steigerung des Fachwissens?
- F2:** Empfinden die Schülerinnen und Schüler das Lernen mit der Lernsoftware als attraktiv?
- F3:** Werden die Lernsoftware und deren Funktionen sinnvoll genutzt?

Um inklusive Lernsettings und die Wirkung auf die Lernenden in ihrer Komplexität erforschen zu können, müssen ist es sinnvoll, diese multiperspektivisch zu untersuchen. Daher wurde in diesem Projekt ein Mixed-Methods-Ansatz (Döring, Bortz & Pöschl, 2016, S.184) gewählt, um die Lernsoftware zu evaluieren. Die quantitativen Daten wurden in einem Ein-Gruppen-

Prätest-Posttest-Follow-Up-Test-Design, die qualitativen Daten begleitend zur Intervention erhoben (Döring, Bortz & Pöschl, 2016, vgl. S.202).

Eine Woche vor der Intervention wurde ein Fachwissenstest (Michna & Melle, 2016) sowie der CFT 20 (Weiß, 1998) zur Bestimmung kognitiver Fähigkeiten und ein Fragebogen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts in den Fächern Chemie und Mathematik (Rost, Sparfeldt & Schilling, 2007) eingesetzt. Bei dem Fachwissenstest handelte es sich um einen Multiple-Choice-Test mit 24 Items (Cronbach's  $\alpha = .742$ ). Die Intervention umfasste drei Doppelstunden à 90 Minuten: In der ersten Doppelstunde wurde die erste Hälfte der Lernsoftware zu den Themen *Chemische Reaktion*, *Reaktionsgleichung* und *Physikalische Vorgänge* von den Schülerinnen und Schülern erarbeitet. Während der Intervention wurde die Aktivität, die auf dem Bildschirm nachvollzogen werden kann, von sechs ausgewählten Lernenden aufgezeichnet. Zusätzlich wurde die Einstellung der Schülerinnen und Schüler zur Lernsoftware mit einem Einstellungstest (30 Items auf einer 5-stufigen Likert-Skala, Cronbach's  $\alpha = .907$ ) erhoben. In der folgenden Doppelstunde führten die Schülerinnen und Schüler Experimente durch, die das Gelernte der ersten Doppelstunde vertiefen und einen Ausblick auf die folgende Doppelstunde gewähren. Die Experimentieranleitungen wurden ebenfalls nach den Prinzipien des UDL gestaltet (Michna & Melle, 2016). In der nächsten Doppelstunde wurde die zweite Hälfte der Lernsoftware zu den Themen *Oxidation*, *Massenerhaltung* und *Teilchenebene* von den Schülerinnen und Schülern erarbeitet. Dabei werden wiederum von den sechs ausgewählten Schülerinnen und Schülern Bildschirmvideos aufgezeichnet. Nach dieser Doppelstunde wurde der Einstellungstest erneut eingesetzt. Eine Woche später wurden der Post-Test und drei Wochen später der Follow-Up-Test eingesetzt. Für die Analyse der Bildschirmaufzeichnungen wurde ein niedrig-inferentes Kodiermanual ( $\kappa = .864$ ) entwickelt, um Aussagen treffen zu können, inwieweit die Funktionen des Lernprogramms genutzt werden. Nach der Intervention wurden Experteninterviews mit den Lehrkräften der Klassen durchgeführt. Zur weiteren Analyse des Umgangs der Schülerinnen und Schüler mit der Lernumgebung wurde ergänzend in einer kleinen Stichprobe die Eye-Tracking-Methode eingesetzt. Daraus konnten Rückschlüsse auf das Nutzungsverhalten der Lernenden, aber auch hinsichtlich der digitalen Lernumgebung gezogen werden (Böing, 2017). Inwieweit die Lernsoftware als verständlich und attraktiv empfunden wird, wurde zusätzlich mit anderen Schülerinnen und Schülern mit der Think-Aloud-Methode erfasst (Schulze Kersting, 2017).

Beide Teile der Software wurden in drei Gesamtschulklassen, zwei Klassen der 7. Jahrgangsstufe und einer der 8. Jahrgangsstufe sowie in einer Kleingruppe einer 7. Jahrgangsstufe in NRW im Anfangsunterricht Chemie erprobt ( $N = 89$ ). Darunter waren 16 Schülerinnen und Schüler mit diagnostiziertem Förderbedarf (SEN, Special Educational Needs) wobei der Förderbedarf Lernen am häufigsten vertreten war.

### **Ausgewählte Ergebnisse**

#### *Fachwissenstest*

Die Auswertung des Fachwissenstests zeigt im Prä-Post-Vergleich, dass das Fachwissen signifikant gesteigert wird ( $n = 66$ ,  $M_{Prä} = .28$ ,  $M_{Post} = .47$ ,  $p < .001$ ,  $\phi = 0.83$ ). Die Schülerinnen und Schüler mit diagnostiziertem Förderbedarf steigern ebenfalls signifikant ihr Fachwissen ( $n_{SEN} = 9$ ,  $M_{Pre} = .21$ ,  $M_{Post} = .34$ ,  $p = .012$ ,  $\phi = 0.83$ ). Die Follow-Up Ergebnisse des Fachwissenstests zeigen, dass es keinen signifikanten Anstieg oder Rückgang des Fachwissens gibt, und zwar für keine der betrachteten Gruppen.

#### *Einstellung*

Die Lernenden bewerten auf einer 5-stufigen Likert-Skala von 1 = positiv bis 5 = negativ den ersten Teil der Lernsoftware mit  $M_{Teil\ 1} = 1.83$  und den zweiten Teil mit  $M_{Teil\ 2} = 1.85$ . Es kann kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Teilen der Lernsoftware festgestellt

werden ( $n = 75$ ,  $p = .815$ ,  $d = 0.021$ ). Die Schülerinnen und Schüler mit und ohne diagnostizierten Förderbedarf unterscheiden sich nicht signifikant in ihrer Einstellung hinsichtlich der Lernsoftware zu den beiden Messzeitpunkten.

#### *Bildschirmaufnahmen*

Mit Hilfe des niedrig-inferenten Kodiermanual können sehr detaillierte Aussagen darüber getroffen werden, was jeder Nutzer auf jeder Seite der Lernsoftware tut und ob die UDL-Funktionen genutzt werden. So werden die Audioaufnahmen bei 41 % der besuchten Seiten abgespielt. Die Videos werden in 85 % der möglichen Fälle angeschaut. Die Schülerinnen und Schüler, deren Aktivitäten auf den Bildschirmen aufgezeichnet wurden, werden mittels des CFT 20 in Gruppen (U = untere, M = mittlere, O = obere Perzentilgruppe) eingeteilt. Hinsichtlich der prozentual vollständig bearbeiteten Aufgaben zeigt sich zwischen diesen Gruppen nur wenige Unterschiede. Werden Aufgaben vollständig bearbeitet, kann davon ausgegangen werden, dass die Funktionen der Software richtig genutzt wurden

#### *Eye-Tracking (Böing, 2017)*

In der explorativen Eye-Tracking-Studie mit  $N = 10$  Schülerinnen und Schülern (8 männlich, 2 weiblich, 13-16 Jahre, Realschulen und Gymnasien) zeigt sich u. a., dass bei gleichzeitiger Darstellung von Informationen als Bild und Text (multiple Formen der Repräsentation, erstes UDL-Prinzip, Center of Applied Special Technology, 2012) Textinformationen bevorzugt genutzt werden. Wird jedoch ein Stimulus, ein kurzer auf das Bild hinweisender Text, eingesetzt, kann die Aufmerksamkeit auf die Bilder gelenkt werden. Auch die Möglichkeit, die Texte vorlesen zu lassen, führt dazu, dass den Bildern mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird, ohne dass die Texte vernachlässigt werden.

#### **Diskussion und Schlussfolgerung**

Das Fachwissen zum Thema *Chemische Reaktion* kann mit der multimedialen, digitalen Lernumgebung bei Schülerinnen und Schülern mit und ohne Förderbedarf signifikant gesteigert werden. Der Einstellungstest bestätigt, dass die Schülerinnen und Schüler das Lernen mit dem Lernprogramm als attraktiv wahrnehmen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der zweifache Einsatz einer digitalen Lerneinheit nicht zu einer Abnahme der positiven Einstellung gegenüber der Lerneinheit führt. Die quantitativen Daten der Untersuchung müssen aufgrund der Stichprobengröße vorsichtig betrachtet werden, wobei es grundsätzlich schwierig ist, statistisch aussagekräftige Daten über Schülerinnen und Schüler mit diagnostiziertem Förderbedarf im inklusiven Klassenverband zu erhalten, da diese nur einen recht geringen Anteil in Schulklassen haben. Die implementierten UDL-Funktionen werden unterschiedlich intensiv genutzt. Die Eye-Tracking Studie deutet darauf hin, dass die Bilder zu den Textinformationen weniger genutzt werden. Die Auswertung der Bildschirmaufnahmen zeigen hingegen, dass die Audioaufnahmen und Videos intensiv genutzt werden.

Die Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass die Lernsoftware als Alternative zum traditionellen Unterricht für heterogene Lerngruppen und Schülerinnen und Schüler mit und ohne Förderbedarf gewinnbringend eingesetzt werden kann.

#### **Ausblick**

Die Bildschirmaufnahmen werden nachfolgend im Detail analysiert, um qualitative Daten über das Nutzungsverhalten der Schülerinnen und Schüler zu erfassen. Dazu wird ein hoch-inferentes Kodiermanual entwickelt. Zudem erfolgen noch weitere Zusammenhangsanalysen zwischen den einzelnen Tests.

## Literatur

- Böing, J., (06.09.2017). Analyse des Nutzungsverhaltens von Schülerinnen und Schülern bei der Anwendung einer Lernsoftware zum Thema „Chemische Reaktionen“. Entwicklung von Instrumenten. Unveröffentlichte Masterarbeit. TU Dortmund
- Bundestag, (2002). Gesetz zur Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/bgg/BGG.pdf>, zuletzt geprüft am 02.10.2018
- Center of Applied Special Technology, (2012). Universal Design for Learning Guidelines version 2.0. Wakefield, MA: Author. Online verfügbar unter <http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines/downloads>, zuletzt geprüft am 31.12.2016
- Deutsches Institut für Menschenrechte, (2009). Behindertenrechtskonvention (CRPD). Online verfügbar unter <http://www.institut-fuer-menschenrechte.de/menschenrechtsinstrumente/vereinigte-nationen/menschenrechtsabkommen/behindertenrechtskonvention-crpd/#c1945>, zuletzt geprüft am 31.12.2016
- Döring, N., Bortz, J. & Pöschl, S., (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Berlin: Springer
- Kerres, M., (2013). Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote. München: Oldenbourg
- Meyer, A., Rose, D. H. & Gordon, D., (2014). Universal design for learning: Theory and practice. Wakefield MA: CAST. Online verfügbar unter <http://udltheorypractice.cast.org/home?2>, zuletzt geprüft am 31.12.2016
- Michna, D. & Melle, I. (2016). Inklusiver Chemieunterricht in der Sekundarstufe I - Konzeption und Evaluation. In C. Maurer (Ed.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. 14. bis 17. September 2015, GDGP-Jahrestagung in Berlin. Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Berlin. Universität Regensburg, 422 – 424
- Michna, D. & Melle, I. (2018). Inclusion in Chemistry Education in Secondary School. In O. E. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran & P. Childs (Eds.), Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Research, Practice and Collaboration in Science Education. Dublin, 1433 – 1440
- Michna, D., Melle, I. & Wember, F. B., (2016). Gestaltung von Unterrichtsmaterialien auf Basis des Universal Design for Learning. Am Beispiel des Chemieanfangsunterrichts in der Sekundarstufe I. Sonderpädagogische Förderung heute, 61 (3), 286 – 303
- Mihajlovic, C., (2012). Die Nutzung von Computer und Internet an Förderschulen. merz.medien + erziehung, 56 (01/12), 25 – 31
- Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, (2013). Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Recht/Schulrecht/Schulgesetz/>, zuletzt geprüft am 23.01.2017
- Rost, D. H., Sparfeldt, J. R. & Schilling, S. R., (2007). DISK-Gitter mit SKSLF-8. Differentielles Schulisches Selbstkonzept-Gitter mit Skala zur Erfassung des Selbstkonzepts schulischer Leistungen und Fähigkeiten. Göttingen: Hogrefe
- Schlüter, A.-K., Melle, I. & Wember, F. B., (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens. Universal Design for Learning. Sonderpädagogische Förderung heute, 61 (3), 270 – 285
- Schulze Kersting, P., (14.08.2017). Eine Lernsoftware zum Thema "Chemische Reaktionen" für den Chemieunterricht in heterogenen Lerngruppen. Analyse der Benutzerfreundlichkeit. Unveröffentlichte Masterarbeit. TU Dortmund
- Weiß, R. H., (1998). Grundintelligenztest Skala 1 (CFT 20). Göttingen: Hogrefe

Laura Muth<sup>1</sup>  
Roger Erb<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt  
<sup>2</sup>Goethe-Universität Frankfurt

## **Inklusives Experimentieren im Physikunterricht**

### **Einleitung und Motivation**

Aktuelle Studien zeigen, dass es bundesweit zu wenige Chancen für inklusiven Unterricht gibt (Rheinische Post am 18. Juli 2017). Dabei werden in keinem anderen deutschen Bundesland so wenige Schülerinnen und Schüler mit und ohne kognitive Einschränkungen gemeinsam unterrichtet wie in Hessen (ebd.). Dies kann mitunter daran liegen, dass Lehrkräfte sich nicht angemessen auf Inklusion vorbereitet fühlen (Kiel, 2015; Eberl, 2000; Center & Ward, 1987). Es gibt keine verbindliche Lehramtsausbildung mit inklusiven Lehrinhalten und zu wenige Fortbildungskonzepte, um umfassende inklusive Kompetenzen an praktizierende Lehrkräfte zu vermitteln (Reich, 2014; Werning & Arndt, 2015). An dieser Stelle besteht Handlungsbedarf.

In dem vorliegenden Forschungsvorhaben steht eine Interventionsstudie zur Fortbildung von Lehrkräften im inklusiven Physikunterricht im Fokus. Es wird die Auswirkung dieser Fortbildung auf die Lehrkräfte (ihre Überzeugungen, ihr Wissen) selbst und den inklusiven Physikunterricht untersucht.

### **Theoretischer Hintergrund**

#### *Inklusion*

Das Netzwerk *NinU* versteht unter gelungener Inklusion, wenn in naturwissenschaftlichem Unterricht „(...) allen Lernenden – unter Wertschätzung ihrer Diversität und ihrer jeweiligen Lernvoraussetzungen – die Partizipation an individualisierten und gemeinschaftlichen fachspezifischen Prozessen zur Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ermöglicht“ (Menthe, 2016) wird. Die Diversität der Schülerinnen und Schüler kann dabei unter anderem im Sprach-, Symbol und Leseverständnis oder in der Wahrnehmung und Motorik der Schülerinnen und Schüler auftreten (Scholz, 2015, S. 122). Inklusiver Unterricht kann beispielsweise durch kooperative Tätigkeiten an einem gemeinsamen Gegenstand (Riegert & Musenberg, 2015), durch die Nutzung unterschiedlicher Darstellungsformen (Wember, 2012) oder durch Wahlmöglichkeiten für Schülerinnen und Schüler gestaltet werden. Eine Gelingensbedingung für erfolgreichen inklusiven Unterricht stellt die Überwindung des Spannungsfeldes zwischen „Individualisierung und Standardisierung“ (Nehring & Walkowiak, 2017) dar: Die Wissensvermittlung muss einerseits differenziert, gleichzeitig aber auch im Klassenverband erfolgen, und das Lernen soll sowohl individuell als auch gemeinsam stattfinden. Das im folgende vorgestellte Forschungsprojekt möchte einen Beitrag zum Umgang mit diesem Spannungsfeld im alltäglichen Schulalltag durch die gezielte Fortbildung von Lehrkräften in inklusiven Klassen leisten.

#### *Ein Beispiel zur Gestaltung von inklusivem Unterricht – Das Universal Design for Learning*

Das Universal Design for Learning (UDL) stellt ein Modell zur Planung und Gestaltung von inklusivem Unterricht dar, das Barrieren betrachtet, die Lernmaterialien mit sich bringen. Durch die Flexibilisierung der Lernmaterialien soll eine universelle Zugänglichkeit für alle Schülerinnen und Schüler geschaffen werden, um eine barrierefreie Lernumgebung zu ermöglichen. Dabei folgt das UDL drei Prinzipien: 1. Multiple Arten der Repräsentation des Lerninhaltes („Was“ des Lernens), 2. Multiple Arten der Verarbeitung von Informationen und Darstellung von Lernergebnissen („Wie“ des Lernens) und 3. Multiple Arten der

Förderung des Lernengagements und der Lernmotivation („Warum“ des Lernens) (CAST, 2011). Das UDL wurde in der fachdidaktischen Forschung der Naturwissenschaften bereits in einigen Projekten erfolgreich eingesetzt, um inklusiven Unterricht zu gestalten. Hier sind unter anderem die Arbeitsgruppe von Insa Melle an der TU Dortmund (bspw. in Michna & Melle, 2018) oder die Arbeit von Walkowiak & Nehring (2017) im Bereich des Chemieunterrichts zu nennen. Bezüglich des Experimentierens im inklusiven Physikunterricht konnten bei Türck (2016) mittels des UDL ebenfalls positive Ergebnisse im Bezug zum Umgang der Schülerinnen und Schüler mit den Lernmaterialien erzielt werden.

### **Vorstellung des Forschungsvorhabens**

Im Fokus des vom BMBF als Teil der *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* geförderten Projekts steht eine Interventionsstudie über eine Fortbildung von Lehrkräften zum Experimentieren im inklusiven Physikunterricht. Es wird die Auswirkung dieser Fortbildung auf das Wissen und die Überzeugungen der Lehrkräfte selbst und die Schülerinnen und Schüler mit und ohne Förderbedarf untersucht. Dabei sollen unter anderem die drei folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

**F1a** Lassen sich Einstellungen von Physiklehrkräften zum Lernen in inklusiven Lerngruppen durch gezielte Schulungsmaßnahmen verbessern?

**F1b** Lassen sich Kompetenzen von Physiklehrkräften zum Experimentieren in inklusiven Lerngruppen durch gezielte Schulungsmaßnahmen verbessern?

**F2** Profitieren in einer inklusiven Lerngruppe sowohl Schülerinnen und Schüler mit und ohne kognitive Beeinträchtigungen von einem auf diese Unterrichtssituation zugeschnittenen experimentierbasierten Physikunterricht?

Dem Unterricht liegt ein didaktisches Konzept zugrunde, dass zwei bereits vorhandene und empirisch geprüfte Unterrichtsmethoden verbindet. Das naturwissenschaftliche Experimentieren auf der einen Seite ist wichtiger Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts und wird als die Methode naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung angesehen. Es bietet große Chancen im inklusiven Unterricht. Zum einen sind beim Experimentieren sowohl stark strukturierte als auch offene Zugänge möglich, zum anderen gibt das Experiment Raum für individuelle Zugänge und eignet sich daher besonders, um Schülerinnen und Schüler aller Alter- und Leistungsstufen für das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte zu motivieren (Lembens & Abels, 2016, S. 45). Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass Schülerinnen und Schüler unterschiedlicher Leistungsniveaus durch Experimente ihr Fachwissen und ihre Kompetenzen verbessern können (Winkelmann, 2015; Muth, 2018).

Das kooperative Arbeiten auf der anderen Seite beinhaltet die Möglichkeit, dass Schülerinnen und Schüler sich gegenseitig im Unterricht beim Erwerb von Wissen und Fähigkeiten unterstützen (Büttner et al., 2012) und so in Gruppenarbeiten ein maximaler Lernerfolg aller Gruppenmitglieder erzielt werden kann.

Diese beiden Methoden lassen sich zum *Experimentieren in Gruppenarbeit in inklusivem Unterricht* zusammenfassen. Die Lehrkraft begleitet das selbstständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler. Sie ist für das Schaffen einer angemessenen Lernsituation verantwortlich und gibt fachliche und soziale Hilfestellungen.

Der Ablauf des Projektes erfolgt in mehreren Teilschritten und umfasst einen Zeitraum von drei Jahren (Abb. 1). In einer quasi-experimentellen Vergleichsstudie wird die Wirkung einer Fortbildungsmaßnahme mit und einer Fortbildungsmaßnahme ohne förderpädagogische Inhalte kontrastiert. Die abhängigen Variablen seitens der Lehrkräfte sind unter anderem Wissen, pädagogisch-psychologische Kompetenzen und Einstellungen

zu Inklusion, seitens der Schülerinnen und Schüler das Fachwissen, Experimentierkompetenzen, Motivation und Sozialverhalten.

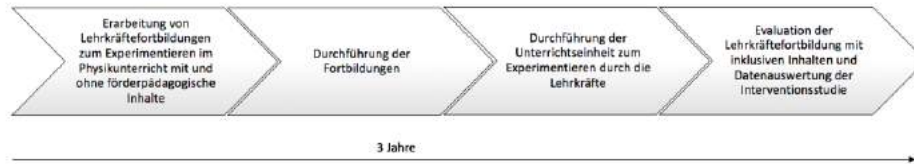


Abb. 1 Ablauf des Forschungsprojektes

Zur Entwicklung der Fortbildung ohne inklusive Inhalte kann auf umfassende Erfahrungen aus vorhergegangenen Studien zurückgegriffen werden. Zur Entwicklung der Fortbildung mit inklusiven Inhalten mussten zunächst geeignete didaktische Unterrichtsgestaltungsmöglichkeiten, wie beispielsweise das eingangs vorgestellte Universal Design for Learning, identifiziert werden, um eine adäquate Unterrichtseinheit entwickeln zu können. Diese identifizierten Gestaltungsmöglichkeiten wurden in einer Vorstudie im Rahmen einer Examensarbeit (Sührig, *in Vorbereitung*) am Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität Frankfurt erprobt, die im Folgenden genauer vorgestellt wird.

#### Entwicklung einer Unterrichtseinheit zu inklusivem Experimentieren

In dieser Vorstudie wurde auf Basis des oben präsentierten didaktischen Konzepts Experimentierunterricht für inklusive Klassen gestaltet. Dabei wurden zum einen Aspekte des UDL genutzt und zum anderen weitere Gemeinsamkeiten der oben aufgezeigten Projekte (unter anderem Michna & Melle, 2018, Walkowiak & Nehring, 2017) zusammengefasst. Schlussendlich wurden in der erarbeiteten Unterrichtseinheit drei Prinzipien umgesetzt:

- Verknüpfung von instruktivem und selbstgesteuertem Unterricht, um der Kontroverse zwischen Individualisierung und Gemeinsamkeit zu begegnen.
- Erstellung einer großen Bandbreite an differenziertem „barrierefreiem“ Schülerarbeitsmaterial, um unterschiedliche Zugänge zu dem Material zu ermöglichen.
- Förderung starker und schwacher Schülerinnen und Schüler durch unterschiedliche Aufgaben- und Hilfsangebote, um unterschiedliche Lernwege zu ermöglichen.

Der Experimentierunterricht wurde als Stationenlernen im Physikunterricht der 7. Klasse im Anfangsunterricht der geometrischen Optik umgesetzt. Dabei stand zu Beginn ein lehrergeleitetes Experiment zur Einführung in die Unterrichtseinheit. Daraufhin folgte eine selbstständige, kooperative Experimentierphase, in der die Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen an Stationen Experimente bearbeiteten. Zur Begleitung des selbstständigen Experimentierens standen den Schülerinnen und Schülern Forscherhefte zu Verfügung, die möglichst barrierefrei gestaltet waren, etwa durch vielfältige grafische Darstellungen und genaue Erklärungen. Zur weiteren Differenzierung wurden zusätzliche Aufgaben für stärkere Schülerinnen und Schüler sowie Hilfsangebote in Form von Hilfekarten für schwächere Lernende gestaltet. Eine Überprüfung der Funktionalität des gestalteten Materials und die Überprüfung der Wirksamkeit bezüglich des Fachwissenszuwachses der Schülerinnen und Schüler mit und ohne Förderbedarf steht noch aus. Die Erfahrungen dieser Vorarbeiten sollen in die Entwicklung einer Unterrichtseinheit zu inklusivem Experimentieren und anschließend in die Entwicklung der Lehrkräftefortbildung mit förderpädagogischen Inhalten einfließen.



## Literatur

- Büttner G., Warwas J., & Adl-Amini K. (2012). Kooperatives Lernen und Peer Tutoring im inklusiven Unterricht. *Zeitschrift für Inklusion*, 0(1–2). Abgerufen von <https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/61>
- CAST. (2011). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.0*. Wakefield: MA: Author. Abgerufen von <http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines>
- Center, Y., & Ward, J. (1987). Teacher's attitudes towards the integration of disabled children in regular schools. *The Exceptional Child*, 34, 41–56.
- Eberl, D. (2000). *Gemeinsamer Unterricht von behinderten und nichtbehinderten Schülern in der Beurteilung von Schulleitern und Lehrern: eine Untersuchung an Grund- und Sonderschulen in Nordrhein-Westfalen*. Witterschlick/Bonn: Wehle.
- Kiel, E. (2015). *Inklusion im Sekundarbereich*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Lembens, A., & Abels, S. (2016). Mit Myterien zu Forschendem Lernen im Chemieunterricht - das Projekt. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015* (S. 44). Universität Regensburg.
- Menthe, J. (2016). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. Abgerufen 8. Oktober 2018, von <https://www.uni-hildesheim.de/ninu/index.php>
- Michna, D., & Melle, I. (2018). Inklusiver Chemieunterricht in der Sekundarstufe I - Konzeption und Evaluation -. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017*. Universität Regensburg.
- Muth, L. (2018). Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht. Ergebnisse einer Interventionsstudie zum Zuwachs von Fachwissen und experimenteller Kompetenz von Schülerinnen und Schülern. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physiklernen. Band 252*. Berlin: Logos Verlag.
- Nehring A., & Walkowiak M. (2017). Eine inklusive Lernumgebung ist nicht genug: Fachspezifik, Theoretisierung und inklusive Unterrichtsentwicklung in den Naturwissenschaftsdidaktiken. *Zeitschrift für Inklusion*, 0(0). Abgerufen von <https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/450>
- Rasche, H. (2017). Schüler mit Förderbedarf an Regelschulen: Bremen ist Inklusions-Meister, NRW im Durchschnitt. Abgerufen 3. September 2018, von [https://rp-online.de/politik/deutschland/bremen-ist-inklusions-meister-nrw-im-durchschnitt\\_aid-17919687](https://rp-online.de/politik/deutschland/bremen-ist-inklusions-meister-nrw-im-durchschnitt_aid-17919687)
- Reich, K. (2014). Herausforderungen an eine inklusive Didaktik. *Inklusion in Schule und Unterricht*, 10.
- RP (2018). Bremen ist Inklusions-Meister, NRW im Durchschnitt. (2018, Juni 18). *Rheinische Post*.
- Riegert, J., & Musenberg, O. (Hrsg.). (2015). *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (1. Auflage). Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.
- Scholz, M. (o. J.). Elektrizitätslehre - Didaktische Überlegungen im Kontext heterogener Ausgangslagen aus sonderpädagogischer Sicht. In J. Riegert & O. Musenberg (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 113–125). Stuttgart: Kohlhammer.
- Türck, V. (2016). *Entwicklung und Erprobung von Unterrichtsmaterialien zur Unterstützung inklusiven Physikunterrichts* (Masterarbeit). Universität Duisburg-Essen.
- Walkowiak, M., & Nehring, A. (2017). Die Förderung von Konzepten über die Natur der Naturwissenschaften in einer Lernumgebung für einen inklusiven Chemieunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016* (S. 460). Universität Regensburg.
- Wember, F. B., & Selter, C. (2016). Lernhandlungs- und Lernergebnisanalyse bei niveaudifferenzierten Aufgaben im Mathematikunterricht der Primarstufe. Workshop. Abgerufen 3. September 2018, von [https://www.schulentwicklung.nrw.de/q/upload/Inklusion/0912\\_SelterWember\\_Workshop.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/q/upload/Inklusion/0912_SelterWember_Workshop.pdf)
- Werning, R., & Arndt, A.-K. (2015). Unterrichtsgestaltung und Inklusion. In E. Kiel (Hrsg.), *Inklusion im Sekundarbereich*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Winkelmann, J. (2015). *Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht*. Berlin: Logos Verlag.

## Classroom-Management im inklusiven Chemieunterricht

### Forschungsstand

Spätestens seit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonventionen sowie der wachsenden Anzahl von Schüler\*innen mit Migrationshintergrund an allgemeinbildenden Schulen gewinnen Fragen nach der angemessenen Gestaltung eines inklusiven Chemieunterrichts sowie die damit einhergehende Sensibilität für Heterogenität an Bedeutung und können als ein Forschungsdesiderat von gesteigertem Interesse konstatiert werden. Für die angemessene Realisierung des inklusiven Unterrichts ist die Unterstützung der Lehrenden von großer Bedeutung, da diese einen wesentlichen Beitrag für das alltägliche Gelingen der Inklusion leisten, mit dem Ziel alle Schüler\*innen durch eine angemessene Berücksichtigung der lern- und entwicklungsbezogenen Bedürfnisse bestmöglich zu fördern (Piezunka, Schaffus & Grosche, 2017). Die anspruchsvollen Ziele und umfangreichen Aufgaben in der Umsetzung von inklusivem Chemieunterricht stellen Lehrende allerdings vor Herausforderungen, die Forderungen nach evidenzbasierten Maßnahmen und Strategien für einen qualitativ hochwertigen inklusiven Chemieunterricht aufwerfen. Neben bereits erprobten und evaluierten Unterrichtsgestaltungsmöglichkeiten (u.a. Übertragung des UDL auf den Naturwissenschaftsunterricht, Schlüter & Melle, 2017) kann die Orientierung an den im Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2014) gezeigten Dimensionen der Unterrichtsqualität hilfreich sein, um inklusionsangemessene Maßnahmen für den Chemieunterricht abzuleiten. Insbesondere die Erweiterung dieses Modells im Hinblick auf die Diversität der Schüler\*innen, d.h. auf die spezifischen Lern- und Entwicklungsvoraussetzungen stellt einen vielversprechenden Ansatz für eine angemessene adaptive Unterrichtsgestaltung dar (Gräsel, Decristan & König, 2017, S.197). In der Konkretisierung der Dimensionen der Unterrichtsqualität für einen inklusiven Chemieunterricht gewinnt vor allem die evidenzbasierte und empirisch belegte Dimension „Classroom-Management“ an Bedeutung, da darunter sämtliche Strategien subsumiert werden, die mit Blick auf das fachliche Lernen und Arbeiten der Schüler\*innen insbesondere im (experimentellen) Chemieunterricht wirken können und müssen. In diesem Sinne bezeichnet Classroom-Management die Realisierung eines Unterrichtsarrangements, das nicht nur ein störungsarmes, sondern vor allem auch ein sicheres und (lern-)förderliches (experimentelles) Umfeld ermöglicht. Im Angebots-Nutzungs-Modell besitzt das Classroom-Management sowohl fächerübergreifende als auch fachspezifische Aspekte. Das fächerübergreifende Classroom-Management und seine hohe Wirksamkeit wurden bereits vielfach empirisch belegt (Hattie, 2009; Helmke, 2014). Allerdings fehlen bisher empirische Befunde für die fachnahe Übertragung bzw. Ausgestaltung und fachinhaltlich angemessene Anwendung des Classroom-Managements auf den inklusiven Chemieunterricht, obwohl gerade fachspezifische Merkmale für die Umsetzung allgemeiner Qualitätsmerkmale gefordert werden (vgl. u.a. Neumann, 2017, S.14; Walpuski, 2017, S.28). Aus diesem Grund bedarf es für den inklusiven Chemieunterricht einer Konkretisierung des Classroom-Managements, das schließlich in seiner Anwendung das fachliche Lernen aller Schüler\*innen zu ermöglichen vermag. Das langfristige Ziel des Forschungsprojektes ist es daher, mithilfe eines fachangemessenen Classroom-Managements Chemielehrenden beim Arrangieren eines störungsarmen, sicheren, lern- und entwicklungsförderlichen Umfeldes in einem inklusiven Chemieunterricht zu unterstützen.

## Methoden

Um das weite Feld des Classroom-Managements für die inklusive Praxis des Chemieunterrichts praxisnah und prozessorientiert zu untersuchen, wird im Rahmen der Voruntersuchung ein exploratives Untersuchungsdesign zugrunde gelegt. Die explorative Studie dient im Besonderen der praxisnahen Ableitung konkreter Kriterien und Strategien für die Gestaltung eines inklusiven Chemieunterrichts, der die realen Herausforderungen und Erfahrungen der Chemielehrenden mit einbezieht. Dazu wurden Chemielehrer\*innen (n=5) und ein Sonderpädagoge (n=1) aus der inklusiven Praxis in Experteninterviews mit halbstrukturiertem Leitfaden interviewt. Zur Erweiterung der Datenbasis wurden darüber hinaus Chemielehrende (n=6) durch den Einsatz eines offenen Fragebogens befragt. Die leitende Untersuchungsfrage ist: Wie gestalten Lehrkräfte in der inklusiven Praxis des Chemieunterrichts unter Berücksichtigung der Herausforderungen lernförderliche Arbeitsbedingungen? Die Operationalisierung der Untersuchungsfrage für den Interviewleitfaden erfolgte mithilfe von Interviewfragen und Impulsen (Niebert & Gropengießer, 2014), welche sich an der allgemeinen Literatur zum Classroom-Management orientierten (vgl. Bastians, 2016; Claßen, 2013; Emmer & Evertson, 2013; Helmke, 2014; Kounin, 1976; Kiel, Frey, & Weiß, 2013). Mit Blick auf das Ziel der vorliegenden Untersuchung wurden die Fragen und Impulse in einem weiteren Schritt an den Kontext des inklusiven Chemieunterrichts angepasst. Die Datenauswertung erfolgte mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015), bei der die qualitativen Techniken der Zusammenfassung und induktiven Kategorienbildung angewandt wurden.

## Ergebnisse

Die Auswertung der Interviews und Fragebögen ergeben insgesamt sechs Oberkategorien, die in Abbildung 1 aufgeführt sind.

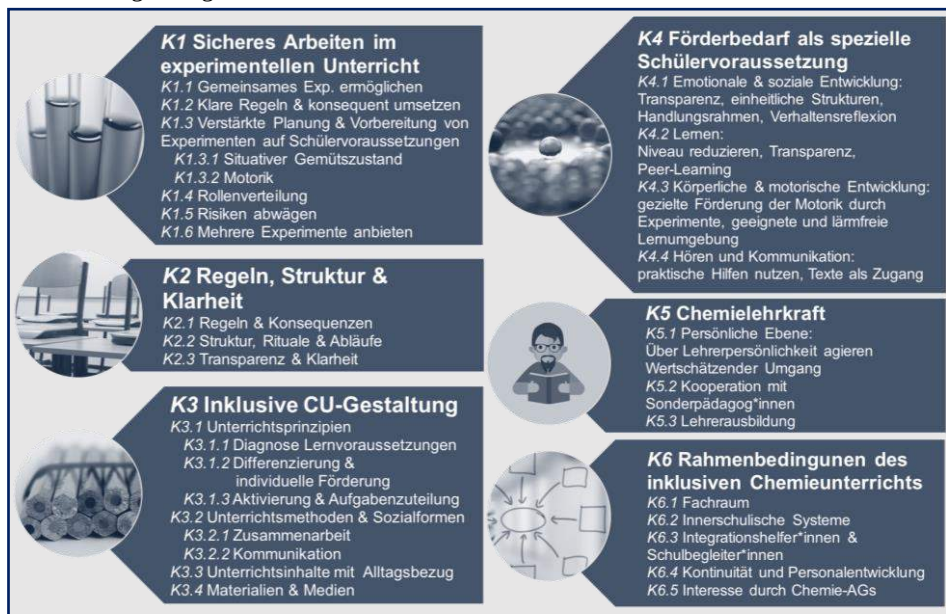


Abbildung 1: Kriterien zum Arrangement eines störungsarmen, sicheren und förderlichen Umfeldes im inklusiven Chemieunterricht

Im Zusammenhang des inklusiven Chemieunterrichts stellt die Umsetzung des gemeinsamen Experimentierens für viele Lehrende eine große, wenn nicht die größte Herausforderung dar, weshalb das sichere Arbeiten im experimentellen Unterricht (K1) von allen befragten Lehrer\*innen hervorgehoben wird. Speziell für den Einsatz von Experimenten, die in einem kompetenzorientierten Chemieunterricht unabdingbar sind, bilden Regeln und Konsequenzen eine wesentliche Voraussetzung: *„Ansonsten wird das Schülerverhalten natürlich geleitet, dadurch dass wir von Anfang im Chemieunterricht klare Regeln für das Experimentieren festlegen“* [Befragter3]. So erfordert beispielsweise der Umgang mit dem Bunsenbrenner nicht nur spezielle Abläufe und Regeln zur Gewährung der Schülersicherheit, sondern muss im Hinblick auf die spezifischen Lernvoraussetzungen der jeweiligen Förderbedarfe (K4) stets von den Lehrer\*innen überdacht und angepasst werden. Für die Realisierung des sicheren und gemeinsamen Experimentierens ist zudem eine verstärkte Planung und Vorbereitung in Bezug auf die individuellen Schülervoraussetzungen notwendig (K1.3). Weiterhin betonen die Chemielehrer\*innen, dass vorzugsweise differenzierende Experimente (K1.6) angeboten und beim Experimentieren selbst eine klare Rollenzuweisung der Schüler\*innen (K1.4) erfolgen muss. Allerdings heben die befragten Lehrer\*innen auch hervor, dass die konsequente Berücksichtigung dieser Strategien des Classroom-Managements nicht nur im experimentellen Teil des Chemieunterrichts bedeutsam ist, sondern die grundlegende Voraussetzung bildet, um das damit verbundene inhaltlich-fachliche Lernen aller Schüler\*innen zu ermöglichen. In diesem Sinne müssen auch die Art der Unterrichtsgestaltung im inklusiven Chemieunterricht (K3) angemessen bedacht werden. Als Herausforderung zur Realisierung eines lernförderlichen Chemieunterrichts nennen die Chemielehrende weiterhin die in ihren Schulen jeweils vorzufindenden äußeren Rahmenbedingungen (K6; u.a. Chemiefachraum, innerschulische Systeme). Schließlich geben die Lehrer\*innen an, dass das Gelingen eines inklusiven Chemieunterrichts wesentlich von der Chemielehrkraft selbst, ihrer Beziehung zu den Schüler\*innen und ihrer in der Ausbildung erworbenen Kompetenzen abhängig ist (K5).

Zusammenfassend kann herausgestellt werden, dass die befragten Chemielehrerenden die Bedeutung des Classroom-Managements für den inklusiven, experimentellen Chemieunterricht hervorheben und einzelne Strategien bereits erfolgreich einsetzen, sodass alle Schüler\*innen angemessen arbeiten und lernen können. Allerdings wird auch deutlich, dass die fachnahe Anpassung der einzelnen Maßnahmen, die Chemielehrenden nicht selten vor Herausforderungen stellt: *„Also ich glaube, da herrscht einfach noch in der Lehrerbildung einfach noch ein großes Manko. Dass die Lehrer einfach da noch nicht genug Bescheid wissen. [...] Ich glaube da fehlt einfach noch ein bisschen Informationen oder in der Lehrerbildung einfach noch ein bisschen was, um darauf besser vorbereitet zu werden“* [Befragter1].

### Ausblick

Auf Grundlage der Erkenntnisse der explorativen Voruntersuchung geht es im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts darum, die identifizierten Strategien für die erfolgreiche Umsetzung eines inklusiven experimentellen Chemieunterrichts grundzulegen und weitere Möglichkeiten der konkreten Gestaltung eines sicheren, lern- und entwicklungsförderlichen experimentellen Chemieunterrichts in der inklusiven Praxis in den Blick zu nehmen. Schließlich sollen fachnahe Strategien des Classroom-Managements gemeinsam mit Chemielehrenden für konkrete Unterrichtsthemen und -situationen entwickelt, iterativ eingesetzt, reflektiert sowie im Hinblick auf die Wirksamkeit für die Schüler\*innen evaluiert werden.

### Literatur

- Bastians, J. (2016). Klassenführung. Zur Gestaltung eines Rahmens für lernförderliche Arbeitsbedingungen - partizipativ, kooperativ und individuell. *Unterrichtswissenschaft*, (1'16), 6–13.
- Claßen, A. (2013). Classroom-Management im inklusiven Klassenzimmer: Verhaltensauffälligkeiten: vorbeugen und angemessen reagieren. Mülheim an der Ruhr: Verl. an der Ruhr.
- Emmer, E. & Evertson, C. (2013). Classroom management for middle and high school teachers (9th ed.). Boston: Pearson.
- Gräsel, C., Decristan, J. & König, J. (2017). Einführung in den Thementeil: Adaptiver Umgang mit Heterogenität im Unterricht. *Unterrichtswissenschaft*, (4'17), 195–206.
- Hattie, J. (2009). Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London; New York: Routledge.
- Helmke, A. (2012). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts (4. Auflage). Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.
- Kiel, E., Frey, A. & Weiß, S. (2013). Trainingsbuch Klassenführung. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Kounin, J. S. (1976). Techniken der Klassenführung. Münster; New York; München; Berlin: Waxmann.
- Mayring, P. (2014). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12., aktualisierte und überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Neumann, K. (2017). Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften - Die Suche nach dem Heiligen Gral. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen* (S. 5–18). Regensburg: GDCP.
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–132). Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.
- Piezunka, A., Schaffus, T. & Grosche, M. (2017). Vier Definitionen von schulischer Inklusion und ihr konsensueller Kern - Ergebnisse von Experteninterviews mit Inklusionsforschenden. *Unterrichtswissenschaft*, (4'17), 207–222.
- Schlüter, A.-K., & Melle, I. (2017). Luft ist komprimierbar. Beispiele für die Umsetzung des Universal Design for Learning. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, (162), 36–39.
- United Nations. Die UN-Behindertenrechtskonvention: Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen (2009).
- Walpuski, M. (2017). Qualitätsmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen* (S. 27–32). Regensburg: GDCP.

## Psychologische Muster in Chemie-Selbstkonzepten

Akademische Fähigkeitsselbstkonzepte beeinflussen maßgeblich die akademischen Leistungen (Lewis, Shaw, Heitz, & Webster, 2009; Marsh & Craven, 2006) und Berufswünsche (Taskinen, Schütte, & Prenzel, 2013) von Schülerinnen und Schülern. So neigen Schülerinnen und Schüler mit starkem Selbstkonzept in einem Fach eher dazu, einen Karriereweg in diesem Bereich in Betracht zu ziehen als diejenigen mit schwachem Selbstkonzept. In der Literatur wird angenommen, dass weitere psychische Variablen und soziale Komponenten als Mediatorvariablen fungieren und das Lernverhalten bestimmen (Nagengast & Marsh, 2012; Raufelder, Sahabandu, Martínez, & Escobar, 2015). Unterschiede zwischen den Geschlechtern in naturwissenschaftlichen Selbstkonzepten sind für westliche Staaten gut belegt (Leslie, McClure, & Oaxaca, 1998; Mujtaba & Reiss, 2016; Riegle-Crumb, Moore, & Ramos-Wada, 2011). Ebenso finden sich immer wieder Belege für Unterschiede zwischen kulturellen Gruppen innerhalb eines Landes (Leslie et al., 1998; Riegle-Crumb et al., 2011; Simpkins, Price, & Garcia, 2015). Meist tendieren Schülerinnen und Schüler ethnischer Minderheiten zu schwächeren Selbstkonzepten in den Naturwissenschaften. Eine Ausnahme scheinen Schülerinnen und Schüler mit asiatischem Hintergrund zu bilden, sofern sie in einem westlichen Land leben (DeWitt et al., 2011).

Basierend auf diesen Studien ist jedoch nicht zu erkennen, (i) wie die Selbstkonzepte von Schülerinnen und Schüler unterschiedlicher kultureller Hintergründe und unterschiedlichen Geschlechts in Deutschland ausfallen und (ii) wie weitere psychologische Variablen fachspezifisch mit den Chemie-Selbstkonzepten zusammenhängen. Dies bildet somit die Schwerpunkte dieses Projekts. In einer Pilotstudie (Rüschenpöhler & Markic, eingereicht) mit Fragebögen ( $N = 116$ ) gibt es erste Indizien darauf, dass Jungen ohne Migrationshintergrund stärkere Chemie-Selbstkonzepte haben als Mädchen ohne Migrationshintergrund. In der Gruppe der Schülerinnen und Schüler mit türkischem bzw. kurdischem Migrationshintergrund jedoch scheint dieses Verhältnis umgekehrt: Die Mädchen zeigten stärkere Selbstkonzepte als die Jungen. Die parallel geführten Interviews ( $N = 43$ ) lieferten Hinweise dafür, dass die Wahrnehmung sozialer Unterstützung im Chemieunterricht, das Verständnis der Sprache in Chemie sowie Lernzielorientierungen mit positiven Selbstkonzepten assoziiert sind. Diese Befunde wurde in der vorliegenden Hauptstudie überprüft und tiefer erforscht.

### Forschungsfragen

Aus den Ergebnissen der Pilotstudie ergibt sich folgende Hauptfrage: Welche Selbstkonzepte in Chemie haben Schülerinnen und Schüler unterschiedlichen Geschlechts und unterschiedlicher kultureller Hintergründe? Diese lässt sich spezifizieren in zwei Fragen:

- (1) Wie unterscheiden sich die Selbstkonzepte der Schülerinnen und Schüler in ihrer Stärke?
- (2) Wie sind die Selbstkonzepte der Schülerinnen und Schüler mit potentiellen Mediatorvariablen verknüpft?

Basierend auf den in der Pilotstudie gewonnenen Erkenntnissen wurden potentielle Mediatorvariablen aus drei Bereichen gewählt:

- *Wahrnehmung der sozialen Unterstützung im Chemieunterricht* (Zugehörigkeitsgefühl, Wahrnehmung der Unterstützung durch Mitschülerinnen und Mitschüler sowie die Wahrnehmung der Unterstützung durch die Lehrkraft)
- *Wahrnehmung des Sprachverständnisses in Chemie*
- *Indikatoren für Lernzielorientierungen in Chemie* (Persistenz, need for cognition, Intelligenztheorie).

### **Methode**

*Stichprobe.* Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Stichprobe von Schülerinnen und Schülern der 8.-11. Klassen gezogen ( $N = 585$ ). Im Mittel waren die Schülerinnen und Schüler 15 Jahre alt und knapp die Hälfte (46 %) von ihnen weiblich. 42 % hatten keinen Migrationshintergrund. Unter den Jugendlichen mit Migrationshintergrund waren Schülerinnen und Schüler mit türkischem Migrationshintergrund mit 12 % der Gesamtstichprobe am stärksten vertreten. Die Jugendlichen stammten aus 30 Klassen von 10 verschiedenen Schulen, vorwiegend aus den urbanen Gebieten um Bremen, Stuttgart und Ludwigsburg. Alle allgemeinbildenden Schultypen Bremens und Baden-Württembergs mit Ausnahme der Baden-Württembergischen Gemeinschaftsschulen, waren vertreten. Die Gemeinschaftsschulen wurden ausgeschlossen, da sie zum Erhebungszeitpunkt zum großen Teil erst bis zur siebten Klasse bestanden.

*Testinstrument.* Der Fragebogen bestand mit einer Ausnahme aus gut etablierten Skalen. Fünf Skalen wurden bereits in großen internationalen Studien eingesetzt: Selbstkonzept (PISA 2006, Q37; OECD, 2009), Unterstützung durch Mitschülerinnen und Mitschüler (HBSC 2013/14, MQ61; Inchley et al., 2016), Zugehörigkeitsgefühl (PISA 2003, Q27; OECD, 2005), Unterstützung durch die Lehrkraft (HBSC 2013/14, MQ62; Inchley et al., 2016) sowie Persistenz (PISA 2012, Q36; OECD, 2014). Zwei Skalen, die zugleich in der englisch- und deutschsprachigen Literatur gut etabliert sind wurden genutzt: Intelligenztheorie (Dweck, 2000; übersetzt von Spinath, 1998) und need for cognition (Cacioppo & Petty, 1982, übers. von Bless, Wänke, Böhner, Fellhauer, & Schwarz, 1994). Die genannten Skalen wurden geringfügig für den Einsatz im Chemieunterricht adaptiert. Einige der Skalen wurden zusätzlich gekürzt, um das Testinstrument um die Aufmerksamkeitsspanne der Schülerinnen und Schüler nicht zu überschreiten. Zusätzlich wurde eine Skala entwickelt, mit der die Wahrnehmung des eigenen Sprachverständnisses in Chemie gemessen wurde. Nach Einholen der erforderlichen Genehmigungen durch das Ministerium, die Schulleitungen und Eltern wurde das Instrument in einer Stichprobe von  $N = 68$  Schülerinnen und Schülern pilotiert und in einer exakt definierten Prozedur eingesetzt.

*Analyse.* Zunächst wurde die Reliabilität der adaptierten Skalen mittels Cronbachs  $\alpha$  bestimmt. Um Forschungsfrage (1) zu beantworten, wurde eine 2x2-ANOVA durchgeführt. Hierfür wurde nur ein Teil der Stichprobe verwendet, um adäquate Zellengrößen zu ermöglichen: Die Mädchen ( $N = 115$ ) und Jungen ( $N = 129$ ) ohne Migrationshintergrund sowie die Mädchen ( $N = 32$ ) und Jungen ( $N = 40$ ) mit türkischem Migrationshintergrund. Zur Beantwortung von Forschungsfrage (2) wurde ein multiples lineares Regressionsmodell entwickelt, mit dem Selbstkonzept als abhängiger Variable und Migrationshintergrund und Geschlecht sowie den o. g. psychologischen Konstrukten als unabhängigen Variablen. Die Analyse erfolgte in R (R Core Team, 2017).

## Ergebnisse

*Reliabilität der Skalen.* Die Reliabilitäten nahezu aller Skalen lagen im erwünschten Bereich (Kline, 2000) zwischen .7 und .8. Die Reliabilität der Selbstkonzeptskala fiel mit .91 etwas zu hoch aus und die der Intelligenztheorieskala mit .65 etwas zu niedrig.

*ANOVA.* Da der Levene-Test für die Variable Geschlecht ( $p < .01$ ) und den Interaktionseffekt ( $p < .05$ ) signifikant wurde, führten wir eine robuste ANOVA mit Bootstrap und an den Gruppenmittelwerten zentrierten z-Werten durch. Nicht signifikant waren die Effekte von Geschlecht,  $F(1, 312) = 0.04$ ,  $p = .843$ , und Migrationshintergrund,  $F(1, 312) = 2.98$ ,  $p = .089$ . Signifikant wurde jedoch der Interaktionseffekt der beiden Variablen auf das Selbstkonzept,  $F(1, 312) = 6.51$ ,  $p < .05$ .

*Multiple Regression.* Die multiple lineare Regression wurde mit am Gesamtmittelwert zentrierten z-Werten berechnet. Das Modell zeigte einen guten goodness of fit,  $R^2_{Grand\ Mean} = .670$  ( $R^2_{adj} = .664$ ). Als starke Prädiktoren für Chemie-Selbstkonzepte erwiesen sich die Wahrnehmung des Sprachverständnisses ( $\beta = .381$ ,  $SE\ \beta = .036$ ,  $p < .001$ ), Persistenz ( $\beta = .365$ ,  $SE\ \beta = .043$ ,  $p < .001$ ), und need for cognition ( $\beta = .213$ ,  $SE\ \beta = .040$ ,  $p < .001$ ). Sie erklären je 20-40 % der Varianz. Weiterhin trägt die Unterstützung durch die Lehrkraft signifikant zum Modell bei, ( $\beta = .061$ ,  $SE\ \beta = .029$ ,  $p < .05$ ), erklärt jedoch nur 6,1 % der Varianz. Die verbleibenden Variablen trugen nicht signifikant zum Modell bei.

## Diskussion und Fazit

Insgesamt ergibt sich durch die Analyse ein differenzierteres Bild von den Chemie-Selbstkonzepten von Schülerinnen und Schülern in Deutschland. Der Zusammenhang mit Lernzielorientierungen in Chemie wurde nachgewiesen. Selbstkonzepte in Chemie scheinen also für Lernprozesse in diesem Fach eine besondere Bedeutung zu haben. Ebenso hängen Chemie-Selbstkonzepte mit der Beziehung zur Lehrkraft zusammen, wie in der Pilotstudie vermutet wurde. Der Science Capital Teaching Approach (Godec, King, & Archer, 2017), ein Fortbildungskonzept für Lehrkräfte, wird in diesem Zusammenhang interessant. Dagegen konnte die Vermutung, dass Chemie-Selbstkonzepte mit den Beziehungen zu den Mitschülerinnen und Mitschülern in Verbindung stehen, nicht bestätigt werden.

Weiterhin konnte ein weiterer zentraler Befund der Pilotstudie bestätigt werden: Chemie-Selbstkonzepte von Schülerinnen und Schülern in Deutschland hängen nicht allein vom Geschlecht oder vom Migrationshintergrund ab. Stattdessen zeigte sich erneut, dass der Interaktionseffekt zwischen Kultur und Geschlecht einen signifikanten Unterschied macht, wenn zwischen Mädchen und Jungen mit türkischem und ohne Migrationshintergrund verglichen wird. Mädchen mit türkischem Migrationshintergrund haben im Mittel stärkere Chemie-Selbstkonzepte als Jungen mit türkischem Migrationshintergrund. Unter den Jugendlichen ohne Migrationshintergrund ist dieses Verhältnis umgekehrt. Das bedeutet, die Geschlechterverhältnisse sind nicht so unidimensional, wie es z. T. in der Literatur über naturwissenschaftliche Selbstkonzepte erscheint. Vielmehr lässt sich eine Parallele zu den Ergebnissen des ASPIRES-Projekts ziehen. Hier wurde gezeigt, dass naturwissenschaftliche Identitäten durch eine Verschränkung der Faktoren Geschlecht, Klasse und Kultur bedingt sind (Archer et al., 2012; Archer, DeWitt, & Willis, 2014). Eine ähnliche Verschränkung der Faktoren Geschlecht und Kultur konnte in dieser Analyse nachgewiesen werden. Auf dieser Basis müssen nun tragfähige Unterrichtskonzepte entwickelt werden, mit dem Ziel, alle Schülerinnen und Schüler anzusprechen. Das wird nur möglich, wenn die individuellen, durch Kultur und Geschlecht beeinflussten Identitäten berücksichtigt werden.\*

\* Das Projekt wurde aus Mitteln der internen Forschungsförderung der PH Ludwigsburg gefördert.



## Literatur

- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2012). "Balancing acts": Elementary school girls' negotiations of femininity, achievement, and science. *Science Education*, 96(6), 967–989. <https://doi.org/10.1002/sce.21031>
- Archer, L., DeWitt, J., & Willis, B. (2014). Adolescent boys' science aspirations: Masculinity, capital, and power. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 1–30. <https://doi.org/10.1002/tea.21122>
- Bless, H., Wänke, M., Bohner, G., Fellhauer, R. F., & Schwarz, N. (1994). Need for cognition: Eine Skala zur Erfassung von Engagement und Freude bei Denkaufgaben. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 147–154.
- Cacioppo, J. T., & Petty, R. E. (1982). The need for cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 42(1), 116–131. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.42.1.116>
- DeWitt, J., Archer, L., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2011). High aspirations but low progression: The science aspirations-careers paradox amongst minority ethnic students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(2), 243–271. doi: 10.1007/s10763-010-9245-0
- Dweck, C. S. (2000). *Self-theories: their role in motivation, personality, and development*. Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Godec, S., King, H., & Archer, L. (2017). *The science capital teaching approach: Engaging students with science, promoting social justice*. London: University College London.
- Inchley, J., Currie, D., Young, T., Samdal, O., Torsheim, T., Augustson, L., ... Barnekow, V. (Hrsg.). (2016). *Growing up unequal: gender and socioeconomic differences in young people's health and well-being. Health behaviour in school-aged children (HBSC) study. International report from the 2013/2014 survey*. Copenhagen: World Health Organization.
- Kline, P. (2000). *The handbook of psychological testing* (2nd ed). London ; New York: Routledge.
- Leslie, L. L., McClure, G. T., & Oaxaca, R. L. (1998). Women and minorities in science and engineering: A life sequence analysis. *Journal of Higher Education*, 69(3), 239–276. <https://doi.org/10.1080/00221546.1998.11775134>
- Lewis, S. E., Shaw, J. L., Heitz, J. O., & Webster, G. H. (2009). Attitude counts: Self-concept and success in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 86(6), 744–749. <https://doi.org/10.1021/ed086p744>
- Marsh, H. W., & Craven, R. G. (2006). Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective: Beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives. *Perspectives on Psychological Science*, 1(2), 133–163. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00010.x>
- Mujtaba, T., & Reiss, M. J. (2016). "I fall asleep in class ... but physics is fascinating": The use of large-scale longitudinal data to explore the educational experiences of aspiring girls in mathematics and physics. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 16(4), 313–330. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1235743>
- Nagengast, B., & Marsh, H. W. (2012). Big fish in little ponds aspire more: Mediation and cross-cultural generalizability of school-average ability effects on self-concept and career aspirations in science. *Journal of Educational Psychology*, 104(4), 1033–1053. <https://doi.org/10.1037/a0027697>
- OECD. (2005). *PISA 2003 Technical report*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2009). *PISA 2006 Technical report*. OECD.
- OECD. (2014). *PISA 2012 Technical report*. OECD Publishing.
- R Core Team. (2017). *R: A language and environment for statistical computing. R version 3.4.2*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Abgerufen von <https://www.R-project.org/>
- Raufelder, D., Sahabandu, D., Martínez, G. S., & Escobar, V. (2015). The mediating role of social relationships in the association of adolescents' individual school self-concept and their school engagement, belonging and helplessness in school. *Educational Psychology*, 35(2), 137–157. <https://doi.org/10.1080/01443410.2013.849327>
- Riegle-Crumb, C., Moore, C., & Ramos-Wada, A. (2011). Who wants to have a career in science or math?: Exploring adolescents' future aspirations by gender and race/ethnicity. *Science Education*, 95(3), 458–476. <https://doi.org/10.1002/sce.20431>
- Rüschpöhler, L., Markic, S. (eingereicht). *Cultural and gender differences in secondary school students' chemistry self-concepts*. Eingereichtes Manuskript.
- Simpkins, S. D., Price, C. D., & Garcia, K. (2015). Parental support and high school students' motivation in biology, chemistry, and physics: Understanding differences among latino and caucasian boys and girls: Parental support and high school students' motivation. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(10), 1386–1407. <https://doi.org/10.1002/tea.21246>
- Spinath, B. (1998). *Implizite Theorien über die Veränderbarkeit von Intelligenz und Begabung als Bedingungen von Motivation und Leistung*. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Taskinen, P. H., Schütte, K., & Prenzel, M. (2013). Adolescents' motivation to select an academic science-related career: The role of school factors, individual interest, and science self-concept. *Educational Research and Evaluation*, 19(8), 717–733. <https://doi.org/10.1080/13803611.2013.853620>

## **Entwicklung universitärer Lehre nach Partizipativer Aktionsforschung**

### **Theoretischer Hintergrund**

Zunehmende Heterogenität und Diversität der Schülerschaft sind deutlich im Unterricht zu spüren. Diese Veränderungen stellen Aufgaben an die Lehrerbildung. Im Rahmen des Telekom-Entwicklungsverbundes „Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen“ arbeitete die Chemiedidaktik der Universität Bremen an der Sensibilisierung der Studierenden für Heterogenität und Diversität im Chemieunterricht, sowie an der Entwicklung ihres diagnostischen Wissens. Das Ziel war es, Module für die universitäre Lehre zu entwickeln, die diesen Anforderungen gerecht werden.

Das Modell der Partizipativen Aktionsforschung nach Eilks und Ralle (2002) zeigte bereits Erfolge in der Entwicklung von Unterrichtsmaterialien (z. B. Eilks & Markic, 2011) und wurde in den letzten Jahren in der Chemiedidaktik der Universität Bremen implementiert (Burmeister & Eilks, 2013; Krause & Eilks, 2015). Ausgehend von den Anforderungen der Chemielehramtsausbildung mit den oben genannten Foci wurde das ursprüngliche Modell zur Partizipativen Fachdidaktischen Aktionsforschung weiterentwickelt.

### **Herausforderungen bei der Adaption des Modells**

Die Übertragung des Modells auf die universitäre Lehre barg einige Herausforderungen. (i) Die Theoretikerin oder der Theoretiker sowie die Praktikerin oder der Praktiker sind in diesem Kontext dieselbe Person. (ii) Somit wurde der kommunikative Entwicklungsprozess begrenzt. (iii) Da es sich um die Entwicklung der Hochschullehre handelt, wurde die Zusammenarbeit für die Lehrerinnen und Lehrer weniger attraktiv. (iv) Hinsichtlich der verschiedenen Thematiken des Seminars stellte sich die Frage der Kompetenz der einzelnen Didaktikerinnen und Didaktiker bezüglich z. B. diagnostischer Kompetenz, Umgang mit Förderbedarfen im Sinne der Inklusion, Interkulturalität u. v. m. Somit verlangte die Adaption des Modells eine Ausweitung des ursprünglichen Modells und den Einbezug weiterer Mitglieder. Schließlich sollte das „Input by the people“ und „output by the development“ geklärt werden.

### **Beteiligte Personen am Entwicklungsprozess**

Neben den Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern des Faches sollen weitere Hochschullehrende mitarbeiten, um ein breites fachdidaktisches Wissen und den Einfluss subjektiver Theorien (z. B. Baumert & Kunter, 2006) für die Entwicklung sicherzustellen. Im Hinblick auf die Bildung der Lehrkräfte beschreibt Reinhardt (2009) die Wichtigkeit der Expertise der Lehrkräfte. Lehrpersonen besitzen ein allgemeindidaktisches Konzeptions- und Planungswissen, welches unter anderem Verfahren und Strategien für die Unterrichtsplanung, organisatorisches und methodisches Wissen sowie Handlungskompetenzen umfasst, die durch die Praxiserfahrungen der Lehrkräfte beeinflusst werden. Somit sollten sie am Entwicklungsprozess beteiligt sein.

Um fächerübergreifende Probleme und Fragestellungen zu bearbeiten und der Entwicklung der Lehrveranstaltung dienen, sollten weitere Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker sowie Experten aus benachbarten Wissenschaften am Entwicklungsprozess beteiligt werden. Hierzu zählen weitere Didaktikerinnen und Didaktiker der Sprachen, Forschende der

Erziehungswissenschaften, der Interkulturellen Bildung und der Inklusiven Pädagogik, entsprechend des zu entwickelnden Problems der Veranstaltung.

Eine weitere Personengruppe im Entwicklungsprozess stellen die Studierenden dar. Das BMBF (2009) bemängelt, dass die Studierenden selten oder nur unzureichend im Kontakt mit den Hochschullehrenden stehen, wodurch die Veranstaltungen unzureichend an die Bedürfnisse der Studierenden angepasst werden. Der Einbezug der Studierenden in den Entwicklungsprozess soll den Blick auf die Lehrmaterialien noch einmal weiter öffnen und ggf. Probleme aufzeigen, sodass Veränderungen frühzeitig angestoßen werden können. Eine Übersicht über die Zusammensetzung des Entwicklungsteams ist in Abbildung 1 dargestellt.



Abb. 1. Beteiligte Personengruppen im Entwicklungsteam im universitären Handlungsfeld (aus Tolsdorf & Markic, angenommen)

### Erweitertes Modell der Partizipativen Aktionsforschung für die Hochschule

Die Idee eines zyklischen Entwicklungsprozesses in vier Phasen wurde für diese Arbeit übernommen (vgl. z. B. Altrichter & Posch, 2007). Zur Übertragung des Modells auf die universitäre Lehre wird vor Beginn der Entwicklung ein Problem bezüglich der fachdidaktischen Lehrveranstaltung formuliert. Um sicherzustellen, dass es sich bei dem Problem nicht um ein partikuläres handelt, sondern dass die Behebung von weiterem Interesse ist, wird einerseits eine Diskussion mit Expertinnen und Experten (z. B. Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker der Chemie und weiterer Naturwissenschaften sowie Chemie-Lehrkräfte aus den Schulen) durchgeführt und andererseits auch eine Analyse der entsprechenden Literatur vorgenommen, die kontinuierlich im Laufe der gesamten Entwicklungsarbeit weitergeführt wird.

Das gesamte Team muss nicht zwangsläufig an der universitären Erprobung in der Praxis beteiligt sein, wodurch einzelne Mitglieder des Teams auch mitwirkende und beratende Funktionen einnehmen. Im Forschungs- und Entwicklungsprozess aufkommende Fragen sollten allen Personen bereitgestellt werden, sodass eine Beteiligung möglich wird. Der feste Bestandteil des Teams sind die Chemiefachdidaktikerinnen und -fachdidaktiker, die Chemielehrkräfte und die Studierenden. Darüber hinaus muss – entsprechend der Problematik – entschieden werden, welche weiteren Expertinnen und Experten in das Team eingeladen werden sollen.

Anschließend wird die Lehrveranstaltung schrittweise entwickelt und verändert, wodurch Probleme identifiziert und, falls möglich, beseitigt werden. Anfangs werden die vorläufigen Lehrmaterialien und -medien erstellt, die anschließend in der Praxis eingesetzt werden. Die praktische Umsetzung wird in der Gruppe geplant. Nach der Erprobung werden die

einzelnen Schritte hinterfragt und evaluiert. Die nach jeder Erprobung gesammelten Informationen werden in den weiteren Verlauf des Entwicklungsprozesses einbezogen. Nach der vierten Phase eines Entwicklungszyklus<sup>4</sup>, der Reflexion, können im Entwicklungsteam neue Probleme der Lehrveranstaltung definiert werden, was dazu führen kann, weitere bzw. neue Mitglieder in das Team einzuladen. Eine bildliche Darstellung des weiterentwickelten Modells der Partizipativen Aktionsforschung für die Hochschullehre ist in der Abbildung 2 zu finden.

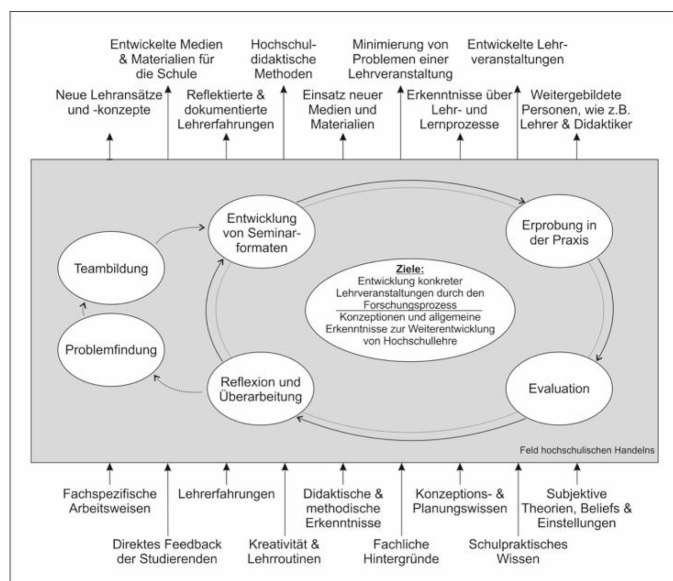


Abb. 2. Modell der Partizipativen Fachdidaktischen Aktionsforschung für die Entwicklung der Hochschullehre (aus Toldsorf & Markic, angenommen)

### Diskussion und Ausblick

Durch die Anwendung des Modells können sich die Fachdidaktiken einer Hochschule interdisziplinär und interinstitutionell stärker vernetzen werden und die beteiligten Personen können voneinander lernen. Außerdem finden eine konsequente Evaluation und schrittweise Entwicklung der eigenen Veranstaltung statt. Unsere Erfahrungen zeigen, dass der Einbezug von Lehrkräften aus den Schulen für universitäre Lehrveranstaltungen sinnvoll ist. Die Lehrpersonen können durch diesen Prozess neue Konzepte der Fachdidaktik kennenlernen, wodurch das Modell auch eine Möglichkeit der Weiterbildung von Lehrkräften bietet.

Für Lehrende an den Hochschulen bedeutet dies einen zusätzlichen Zeitaufwand. Gleiches gilt für die Lehrkräfte der Schulen, denen neben ihrer Arbeit an den Schulen nur begrenzte Zeit für Fortbildungen zur Verfügung stehen. Positiv sind jedoch die Lernpotentiale, die für Lehrkräfte, Studierende und Hochschuldozenten eröffnet werden. Zwar steht auch hier die Frage des Aufwands für die Studierenden im Raum, jedoch zeigte sich eine durchaus große Bereitschaft sich am Prozess zu beteiligen. Somit kann das adaptierte Modell als eine Bereicherung für die Entwicklung der Hochschullehre betrachtet werden.

### Danksagung:

Wir danken der Deutschen Telekom Stiftung für die Förderung dieses Projektes im Rahmen der MINT-Lehrerbildung II im Entwicklungsverbund Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen (4DiF).

**Literatur:**

- Altrichter, H., & Posch, P. (2007). Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht, Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung (4. Auflage). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469-520
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)(Eds.)(2009). Bachelor-Studierende, Erfahrungen in Studium und Lehre - Eine Zwischenbilanz. Berlin.
- Burmeister, M., & Eilks, I. (2013). Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BnE) in der Chemielehrerbildung, Ein Projekt Partizipativer Aktionsforschung. Chemie Konkret, 20(2), 66-72
- Eilks, I., & Markic, S. (2011). Effects of a long-term Participatory Action Research project on science teachers' professional development. EURASIA - Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 7(3), 149-160
- Eilks, I., & Ralle, B. (2002). Partizipative fachdidaktische Aktionsforschung – ein Modell für eine praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. Chemie Konkret, 9(1), 13-18
- Krause, M., Eilks, I. (2015). Lernen über digitale Medien in der Chemielehrerbildung – ein Projekt Partizipativer Aktionsforschung. Chemie Konkret, 22(4), 173-178
- Reinhardt, S. (2009). Gelingende Lehrerbildung – Professionstheorie und Fachdidaktik, Erfahrungen und Konsequenzen. Journal of Social Science Education, 8(2), 23-31
- Tolsdorf, Y., & Markic, S. (angenommen). Entwicklung eines Seminarkonzepts zu Lesestrategien entwickelt nach dem adaptierten Modell der Partizipativen Aktionsforschung. Chemie Konkret.

## Kognitive Belastung von Erstsemesterstudierenden in Laborpraktika

### Theoretischer Hintergrund

Laborpraktika sind traditionell ein charakteristisches Element naturwissenschaftlicher Studiengänge. Als eine herausragende Besonderheit wird dabei die Vermittlung zwischen der *Domäne der Objekte* und Beobachtungen (praktischer Umgang mit Geräten und Chemikalien) und der *Domäne der Vorstellungen* (konzeptuelles Verständnis von Fachinhalten) angesehen (Abrahams & Millar, 2008; Tiberghien, 2000).

Aus Sicht der Cognitive Load Theory (z. B. Paas & Sweller, 2014) bergen Laborpraktika ein hohes Risiko kognitiver Überlastung, weil zum einen in zwei Inhaltsbereichen gleichzeitig gelernt werden soll, nämlich in der *Domäne der Objekte* und in der *Domäne der Vorstellungen*, sodass ein hoher *intrinsic load* zu erwarten ist. Zum anderen besteht durch die Laborumgebung eine vergleichsweise große Gefahr, dass Lernende durch unklare Versuchsanleitungen oder die Suche nach Geräten und Chemikalien im Labor einen hohen *extraneous load* erfahren.

Neuere Testinstrumente zur Erfassung der kognitiven Belastung ermöglichen es *intrinsic load* und *extraneous load* getrennt voneinander zu erfassen (Leppink, Paas, van der Vleuten, van Gog, & van Merriënboer, 2013). Das Instrument erfasst darüber hinaus einen dritten Faktor, für den allerdings nicht abschließend geklärt werden konnte, ob er *germane load* erfasst (Leppink, Paas, van Gog, van der Vleuten, & van Merriënboer, 2014). Ziel der hier vorgestellten Studie ist es zu prüfen, inwiefern das Testinstrument, das bisher nur im Rahmen klassischer Lernumgebungen (paper pencil, multimedia learning) eingesetzt wurde, auch in Laborpraktika erfolgreich eingesetzt werden kann, um zwischen *intrinsic load* und *extraneous load* zu differenzieren. Darüber hinaus soll überprüft werden, inwiefern es möglich ist, im Rahmen von Laborpraktika zusätzlich die kognitiven Belastungen, die durch die beiden Lernbereiche (*Domäne der Objekte*, *Domäne der Vorstellungen*) verursacht werden, zu unterscheiden. Wenn dies gelingt, kann mithilfe des Testinstruments überprüft werden, ob die Effektivität von Laborpraktika durch Interventionsmaßnahmen, die auf einen der beiden Lernbereiche abzielen, verbessert werden kann.

### Fragestellung

- Inwiefern können im Rahmen eines Laborpraktikums *intrinsic load* und *extraneous load* getrennt voneinander erfasst werden?
- Inwiefern kann im Rahmen eines Laborpraktikums die kognitive Belastung, die durch die *Domäne der Objekte* verursacht wird, von der kognitiven Belastung, die durch die *Domäne der Vorstellungen* verursacht wird, unterschieden werden?

### Design

Im Rahmen eines Praktikums der *Allgemeinen Chemie* führen Studierende (Lehramt Chemie) des ersten Semesters sieben unterschiedliche Experimente (1) Acidimetrie, 2) Pufferlösung, 3) Redoximetrie, 4) Komplexometrie, 5) Gravimetrie, 6) Elektrogravimetrie, 7) Photometrie) durch. Direkt nach der Durchführung jedes jeweiligen Experiments wird die kognitive Belastung durch die beiden Lernbereiche (*Domäne der Objekte* (DdO), *Domäne der Vorstellungen* (DdV)) und unnötige Verarbeitungsprozesse, die durch die *Lernumgebung* (Labor (L)) verursacht werden, mittels Fragebogenerhebung auf einer 7-stufigen Skala (trifft zu, trifft nicht zu) erfasst.

Hierzu wurde das Instrument von Leppink und Kollegen (Leppink et al., 2013; Leppink et al., 2014; Leppink, van Gog, Paas, & Sweller, 2015) ins Deutsche übersetzt und an die spezifische Lernsituation angepasst. Das adaptierte Testinstrument umfasst insgesamt 26 Items. Es wurden vier Fragebogenversionen (A, B, C, D) erstellt, die die Items in unterschiedlicher (zufälliger) Reihenfolge enthalten.

Tabelle 1: Aufbau des Testinstruments

|                 | DdO      | DdV     | L       | Gesamt   |
|-----------------|----------|---------|---------|----------|
| germane load    | 5 Items  | 5 Items | -       | 10 Items |
| intrinsic load  | 4 Items  | 4 Items | -       | 8 Items  |
| extraneous load | 4 Items  | -       | 4 Items | 8 Items  |
| Gesamt          | 13 Items | 9 Items | 4 Items | 26 Items |

### Methode

Da angenommen werden muss, dass die Komponenten miteinander korrelieren, wurde eine Hauptkomponentenanalyse (PCA), mit oblique Rotation (oblimin) durchgeführt. Hierfür wurden alle Fragebögen zur kognitiven Belastung verwendet (Studierende können somit bis zu sieben Mal in die Analyse eingehen). Dieses Vorgehen hat zum einen den Vorteil, dass für die Komponentenanalyse ein größerer Datensatz zur Verfügung steht, zum anderen bietet dieses Vorgehen den weiteren Vorteil, dass gleichzeitig mehrere inhaltlich unterschiedliche Lernsituationen in die Analyse eingehen, wodurch die Daten inhaltlich valider werden. Komponenten, die aus einer solchen Analyse hervorgehen, sollten daher robust und auf andere Lernszenarien übertragbar sein.

### Ergebnisse

Die Studie fand im Wintersemesters 2017/18 statt ( $N_{Studierende} = 81$ ). Fragebögen, bei denen Angaben fehlten oder Angaben nicht eindeutig waren, wurden nicht berücksichtigt. Dadurch ergaben sich 485 Datensätze ( $KMO = .926$ , Einzelitems  $\geq .857$ , Barlett's  $\chi^2(325) = 6250$ ,  $p < .001$ ).

Die Hauptkomponentenanalyse ergab vier Komponenten, die sich inhaltlich sinnvoll interpretieren lassen: Die erste Komponente (*germane load*) umfasst alle Items, die darauf zielen *germane load* (gl) zu erfassen (zur Diskussion, ob dieser Faktor wirklich *germane load* erfasst, siehe Leppink et al., 2013; Leppink et al., 2014; Leppink, et. al., 2015). Eine Differenzierung zwischen der *Domäne der Objekte* und der *Domäne der Vorstellungen* gelang hier nicht. Die zweite Komponente (*extraneous load*) umfasst alle Items, die darauf zielen *extraneous load* (el), der sich auf die *Domäne der Objekte* (DdO) bezieht, zu erfassen. Darüber hinaus laden vereinzelt auch Items, die *extraneous load* (el), der durch die *Lernumgebung* (L) verursacht wird, erfassen sollten, auf diese Komponente. Ob es hier möglicherweise durch sprachliche Anpassung der Items gelingen kann, zwischen *extraneous load*, der durch die *Lernumgebung*, und *extraneous load*, der durch die *Domäne der Objekte* verursacht wird, zu differenzieren, wird in einer Folgestudie geprüft. Die dritte Komponente (*intrinsic load*, *Domäne der Vorstellungen*), umfasst alle Items, die darauf zielen, *intrinsic load* (il), der auf die *Domäne der Vorstellungen* (DdV) zurückgeht, zu erfassen. Diese kognitive Belastung lässt sich vom *intrinsic load* (il), der durch die *Domäne der Objekte* (DdO) verursacht wird, abgrenzen (Komponente 4: il, DdO). Auf die letzte Komponente laden außerdem zwei Items (el3, L und meell), die darauf zielen die kognitive Belastung, die durch die *Lernumgebung* verursacht wird, zu erfassen. Da diese Items in Komponentenanalysen mit unterschiedlichen Teilstichproben verschiedenen Komponenten zugeordnet wurden, wurden sie für weitere Analysen ausgeschlossen. Bei diesen Items ist ebenfalls zu prüfen, inwiefern sie durch sprachliche Anpassung optimiert werden können. Möglicherweise lässt sich dadurch auch eine weitere Ausdifferenzierung zwischen (el, L und el, DdO) erreichen.

Tabelle 2: Mustermatrix

| Item-<br>bezeichnung                                                                                | K 1   | K 2   | K 3     | K 4     | Reliabilität<br>(N = 485) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|---------|---------|---------------------------|
|                                                                                                     | gl    | el    | il, DdV | il, DdO |                           |
| gl(1), DdV                                                                                          | 0.833 |       |         |         | .901                      |
| gl(2), DdV                                                                                          | 0.799 |       |         |         |                           |
| gl(3), DdV                                                                                          | 0.758 |       |         |         |                           |
| gl(4), DdV                                                                                          | 0.828 |       |         |         |                           |
| megl, DdV                                                                                           | 0.476 |       | -0.491  |         |                           |
| gl1, DdO                                                                                            | 0.664 |       |         |         |                           |
| gl2, DdO                                                                                            | 0.731 |       |         |         |                           |
| gl3, DdO                                                                                            | 0.633 |       |         |         |                           |
| gl4, DdO                                                                                            | 0.651 |       |         |         | .823                      |
| meglvd                                                                                              | 0.533 |       |         |         |                           |
| il1, DdV                                                                                            |       |       | -0.765  |         |                           |
| il2, DdV                                                                                            |       |       | -0.755  |         |                           |
| il3, DdV                                                                                            |       |       | -0.863  |         | .809                      |
| meilfw                                                                                              |       |       | -0.598  |         |                           |
| il1, DdO                                                                                            |       |       |         | -0.685  |                           |
| il2, DdO                                                                                            |       |       |         | -0.595  |                           |
| il3, DdO                                                                                            |       |       |         | -0.646  | .842                      |
| meilvd                                                                                              |       |       |         | -0.551  |                           |
| el1, DdO                                                                                            |       | 0.812 |         |         |                           |
| el2, DdO                                                                                            |       | 0.824 |         |         |                           |
| el3, DdO                                                                                            |       | 0.906 |         |         |                           |
| meelv                                                                                               |       | 0.496 |         |         |                           |
| el1, L                                                                                              |       | 0.635 |         |         |                           |
| el2, L                                                                                              |       | 0.543 |         |         |                           |
| el3, L                                                                                              |       |       |         | -0.472  | -0.631                    |
| meell                                                                                               |       |       |         | -0.631  |                           |
| Unerwünschte Querladungen < .400 werden unterdrückt,<br>in Grau: unerwünschte (Quer)Ladungen > .400 |       |       |         |         |                           |

Im Anschluss an die Komponentenanalyse wurden entsprechend der identifizierten Komponenten die Items zu Variablen zusammengefasst. Hierfür wurde die mittlere Zustimmung der Studierenden zu den jeweiligen Items für einen Versuch berechnet.

Die Ergebnisse zeigen, dass *intrinsic load* und *extraneous load* im Rahmen eines Laborpraktikums getrennt voneinander erfasst werden können. Zusätzlich konnte eine dritte Komponente (möglicherweise *germane load*) bestimmt werden. Darüber hinaus konnte mit Blick auf den *intrinsic load* zwischen der kognitiven Belastung, die durch die *Domäne der Objekte* verursacht wird, und der kognitiven Belastung, die durch die *Domäne der Vorstellungen* verursacht wird, unterschieden werden.

#### Ausblick

Geplant ist das Instrument im Wintersemester 2018/19 erneut einzusetzen und dabei die Formulierung der Items el3, L und meell zu überarbeiten, um eine weitere Differenzierung realisieren zu können. In einem nächsten Schritt wäre es wünschenswert das Instrument in anderen Laborpraktika zu erproben. Darüber hinaus ist zu prüfen, inwiefern mit dem Instrument Interventionen, die auf einer Veränderung der kognitiven Belastung zielen, evaluiert werden können.



### Literatur

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969.
- Leppink, J., Paas, F., van der Vleuten, C. M. P., van Gog, T., & van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavioral Research Methods*, 45(4), 1058-1072.
- Leppink, J., Paas, F., van Gog, T., van der Vleuten, C. P. M., & van Merriënboer, J. J. G. (2014). Effects of pairs of problems and examples on task performance and different types of cognitive load. *Learning and Instruction*, 30(2), 32-42.
- Leppink, J., van Gog, T., Paas, F., & Sweller, J. (2015). Cognitive load theory: researching and planning teaching to maximize learning. In: J. Cleland & S. J. Durning (Hrsg.), *Researching Medical Education - First Edition* (S. 207-218). John Wiley & Sons.
- Paas, F. & Sweller, J. (2014). Implication of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge Handbook of multimedia learning. Second Edition* (pp. 27-42). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (Eds.), *Improving science education. The contribution of research* (pp. 27–47). Buckingham: Open University Press.

## **Die Veränderung physikdidaktischen Wissens im Lehr-Lern-Seminar**

### **Ausgangslage**

Die kontinuierliche Weiterentwicklung des Lehramtsstudiums ist eine wichtige Aufgabe der Lehrerbildung. Die damit einhergehenden Innovationen und Neuerungen im Lehramtsstudium sollten im Hinblick auf die Professionalisierung der Studierenden evaluiert werden. Um den Ausbildungserfolg im Studium messbar zu machen, werden beispielsweise Kompetenztests eingesetzt, die den Fokus auf bestimmte Bereiche des Professionswissens einer Lehrperson legen (z.B. Fachwissen oder fachdidaktisches Wissen). Für das Fach Physik wurden solche Kompetenztests in verschiedenen Projekten wie ProfiLe-P, ProfiLe-P+, KiL, FALKO oder ProWiN entwickelt und erprobt (vgl. Riese et al., 2015; Kröger, Neumann & Petersen, 2013; Schlödl & Göhring, 2015; Tepner et al., 2012). Zur Messung des Ausbildungserfolgs werden die entsprechenden Testinstrumente in der Regel im Rahmen einer Längsschnittstudie eingesetzt, da dies den Vorteil bietet, dass die durch mehrere Testungen derselben Personen kohortenspezifische Effekte vernachlässigt werden können (vgl. z.B. Schneider, 1991). Es stellt sich bei diesem Vorgehen dennoch die Frage, inwieweit sich gemessene Veränderungen in den Scores der eingesetzten Kompetenztests tatsächlich auf die erfolgreiche Nutzung spezifischer Lerngelegenheiten zurückführen lassen und welchen Einfluss personen- und testspezifische Aspekte sowie weitere Lerngelegenheiten auf das Testverhalten haben.

### **Ziele**

In diesem Projekt sollen unter Einsatz eines fachdidaktischen Kompetenztests im Längsschnitt Gründe für gemessene Veränderungen im physikdidaktischen Wissen bei Lehramtsstudierenden, welche sich im Vorbereitungssemester auf das Praxissemester (NRW) befinden, identifiziert werden. Im Vorbereitungssemester absolvieren die Studierende zwei physikdidaktisch spezifische Lerngelegenheiten in Form von Seminaren. Eines der Seminare wurde im Rahmen des Projekts neu konzipiert. Es bietet den Studierenden die Gelegenheit, unter Einsatz eines Stationenlernens erste eigene Erfahrungen als Physiklehrperson innerhalb der Schule zu sammeln. Neben Veränderungen im physikdidaktischen Wissen soll der Einfluss des physikalischen Inhaltsbereichs bei der Messung fachdidaktischer Kompetenz genauer untersucht werden. Aus diesem Grund wurde der Inhaltsbereich Mechanik in beiden physikdidaktischen Seminaren nicht explizit aufgegriffen.

### **Theoretischer Hintergrund**

Die professionelle Handlungskompetenz angehender Physiklehrpersonen lässt sich in Anlehnung an den Kompetenzbegriff nach Weinert (2001) in die kognitiven Fähigkeiten und das Professionswissen sowie in die motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten einer Lehrperson gliedern. Das physikdidaktische Wissen, welches in diesem Projekt fokussiert betrachtet wird, stellt dabei neben dem physikalischen Fachwissen und dem erziehungswissenschaftlichen Wissen einen zentralen Bereich des Professionswissens dar (vgl. Riese, 2009, in Anlehnung an Baumert & Kunter, 2006), was sich auch in der Struktur der universitären Lehrerbildung sowie in den von der Kultusministerkonferenz formulierten landesweiten Standards für die Lehrerbildung in Deutschland widerspiegelt (vgl. KMK, 2004). Zentrale Facetten des fachdidaktischen Wissens in Physik sind unter anderem Wissen über Schülervorstellungen, Wissen über den Einsatz von Experimenten oder Wissen über fachspezifische Instruktionsstrategien (vgl. z.B. Reinhold, Riese & Gramzow, 2017).

Im Hinblick auf die Messung fachdidaktischer Kompetenz lassen sich zwei Varianten von Testinstrumenten identifizieren: Zum einen Kompetenztests, die ausgewählte Elemente fachdidaktischen Wissens über mehrere physikalische Inhaltsbereiche hinweg messen (z.B. KiL oder FALKO) und zum anderen Kompetenztests, die ausgewählte Facetten fachdidaktischen Wissens in einem bestimmten physikalischen Inhaltsbereich wie Mechanik (vgl. ProfiLe P) messen. Die Fokussierung auf einen fachlichen Inhaltsbereich erleichtert zwar die Messung auf der Ebene empirisch fundierter Teilskalen bzgl. fachdidaktischer Facetten (vgl. Riese, Gramzow & Reinhold, 2017), allerdings ist ungeklärt, ob die Beschränkung auf einzelne fachliche Inhaltsbereiche wie Mechanik überhaupt eine repräsentative Messung fachdidaktischen Wissens gestattet. Es ist fraglich, inwieweit der Kompetenzerwerb im fachdidaktischen Wissen abhängig bzw. unabhängig vom physikalischen Inhaltsbereich erfolgt.

### Ziele und Forschungsinteressen

Das in diesem Beitrag beschriebene Projekt wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsinitiative Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Ziel des Projekts ist es, zunächst ein Lehr-Lern-Seminar an der RWTH Aachen für angehende Lehrpersonen des Fachs Physik in Vorbereitung auf das Praxissemester zu konzipieren und anschließend im Hinblick auf Veränderungen im physikdidaktischen Wissen der Studierenden zu evaluieren. Darüber hinaus sollen Gründe für Veränderungen im Testverhalten beim Einsatz des erweiterten ProfiLe-P/ P+ Tests zum fachdidaktischen Wissen durch leitfadengestützte Einzelinterviews mit den Studierenden identifiziert werden. Für das Projekt lassen sich die nachfolgenden Forschungsinteressen nennen:

- Wie verändert sich fachdidaktisches Wissen von Studierenden im Verlauf des Lehr-Lern-Seminars?
- Welche fachspezifischen Lerngelegenheiten nehmen Einfluss auf Veränderungen im Testverhalten?
- Welche personen- und/oder testspezifischen Aspekte beeinflussen Veränderungen im Testverhalten?
- Inwieweit verändert sich fachdidaktisches Wissen inhaltsübergreifend hinsichtlich fachwissenschaftlicher Inhaltsbereiche?

### Das fachdidaktische Testinstrument

Im Rahmen dieses Projekts wurde das ProfiLe-P/P+ Testinstrument zur Erfassung fachdidaktischen Wissens als Ausgangspunkt verwendet und anschließend erweitert. Dieses Instrument basiert auf dem Itementwicklungsmodell von Gramzow (2015) (Abb.1), welches

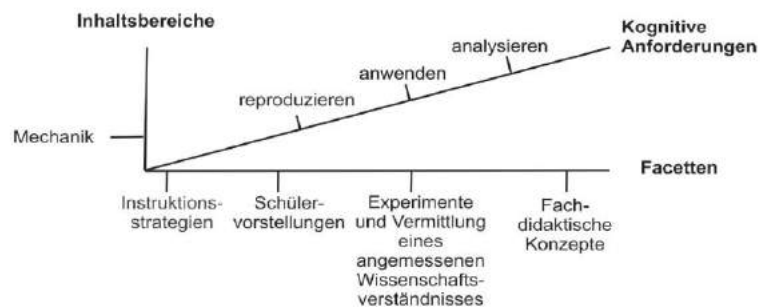


Abb. 1: Modell des fachdidaktischen Wissens für die Itementwicklung (Gramzow 2015)

die drei Dimensionen *fachdidaktische Facetten*, *physikalische Inhaltsbereiche* und *kognitive Anforderungen* aufgreift. Das Testinstrument beinhaltet in seiner ursprünglichen Form

insgesamt 43 Items sowohl offenen als auch geschlossenen Formats. Sie lassen sich den vier fachdidaktischen Wissensfacetten *Instruktionsstrategien*, *Schülervorstellungen*, *Experimente* und *fachdidaktische Konzepte* im physikalischen Inhaltsbereich Mechanik zuordnen. Auf Basis der bereits existierenden und erprobten Items wurden strukturgleiche Items zu den Inhaltsbereichen Elektrizitätslehre und Optik entwickelt und pilotiert. Die Strukturgleichheit bezieht sich hierbei auf die Verortung in das in Abb. 1 dargestellte Itementwicklungsmodell von Gramzow (2015). Ein Beispiel für ein strukturgleiches Item ist in dem GDCP Tagungsband zur Jahrestagung 2017 in Regensburg aufgeführt (vgl. Joswig & Riese, 2018).

### Studiendesign und erste Ergebnisse

Zur Beantwortung der formulierten Forschungsinteressen wurde erstmals im WS 2017/2018 der erweiterte physikdidaktische Kompetenztest aus ProfiLe-P/P+ mit den drei physikalischen Inhaltsbereichen Mechanik, Optik und Elektrizitätslehre bei n=10 Physiklehramtsstudierenden in Vorbereitung auf das Praxissemester eingesetzt. Die Erhebung des fachdidaktischen Wissens erfolgte in einem Prä-Post-Design im Verlauf des Lehr-Lern-Seminars, wobei zeitlich parallel ein weiteres Vorbereitungsseminar zum Praxissemester absolviert wurde. Anschließend an die Post-Befragung wurden mit den Studierenden leitfadengestützte Einzelinterviews geführt, um Gründe für Veränderungen im Testverhalten zu identifizieren. Hierzu wurden den Probanden eine Auswahl ihrer selbst gegebenen Testantworten im Prä-Post-Vergleich ohne Kenntnis der jeweiligen Bepunktung vorgelegt. Die Auswahl der Items erfolgte im Vorfeld mit Hilfe von Auswahlregeln. Die Interviews (jeweils 90-120 Minuten) wurden audioaufgezeichnet und anschließend transkribiert. Exemplarische und beispielhafte Ergebnisse der Testscores sind nachfolgend tabellarisch dargestellt (Tab.1).

Tab. 1: Auswahl an Testscores zum fachdidaktischen Wissen im Prä-Post-Vergleich (max. Punktzahl 64,5 Punkte, jeweils 21,5 Punkte in den einzelnen Inhaltsbereichen)

| Pro-band | Score<br>gesamt<br>Prä | Score<br>gesamt<br>Post | Me-<br>chanik<br>Prä | Me-<br>chanik<br>Post | Optik<br>Prä | Optik<br>Post | E-<br>Lehre<br>Prä | E-<br>Lehre<br>Post |
|----------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|---------------|--------------------|---------------------|
| 1        | 30,0                   | 30,5                    | 8,0                  | 11,0                  | 8,5          | 9,0           | 13,5               | 10,5                |
| 2        | 22,5                   | 28,0                    | 11,0                 | 11,0                  | 4,0          | 9,0           | 7,5                | 8,0                 |
| 3        | 18,0                   | 26,0                    | 12,0                 | 6,0                   | 6,0          | 11,0          | 0,0                | 9,0                 |

Aus den Testscores aller Probanden lässt sich die Vermutung aufstellen, dass die Wahl des physikalischen Inhaltsbereichs Einfluss auf die Veränderung im fachdidaktischen Wissen der Probanden nimmt. Während sich der Gesamtscore im Post-Test meist erhöht, weisen die erreichten Punkte in den einzelnen Inhaltsbereichen im direkten Vergleich zueinander des Öfteren gegenläufige Veränderungen auf (z.B. Proband 1 oder 3). Erste Eindrücke aus den Interviewdaten zeigen, dass individuelle Besonderheiten der Probanden zu deutlichen Veränderungen im Testverhalten führen. Bei Proband 3 kann beispielsweise als Grund für die Veränderung der Punktzahl im Inhaltsbereich Elektrizitätslehre das Zeitmanagement bei der Testbearbeitung genannt werden.

Die Transkripte der Interviews werden zurzeit mit Hilfe qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Hierzu wurde ein mit induktiven Kategorien angereichertes deduktives Kategoriensystem erstellt. Im WS 18/19 erfolgt eine erneute Erhebung des fachdidaktischen Wissens im Lehr-Lern-Seminar mit anschließenden Einzelinterviews.

Hinweis: Das Projekt „II.2 Lehr-Lern-Gelegenheiten mit Schülerinnen und Schülern“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert (FKZ: 01JA1513).

## Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), S. 469–520.
- Gramzow, Y. (2015). Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik Modellierung und Testkonstruktion, Logos Verlag.
- Joswig, A. & Riese, J. (2018). Die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens im Lehramtsstudium Physik. In: Maurer, C. (Hrsg.): Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017, S. 707–710.
- Kröger, J., Neumann, K. & Petersen, S. (2013). Messung professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen, Kiel: IPN, S. 533–535.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften: (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004).
- Reinhold, P., Riese, J., Gramzow, Y. (2017). Fachdidaktisches Wissen im Lehramtsstudium Physik, Logos, Berlin
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften, In: Niedderer, Fischler, Sumfleth (Hrsg.) Studien zum Physik- und Chemielernen, Logos Verlag, Band 97.
- Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Das fachdidaktische Wissen von Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23, S. 99–112. DOI 10.1007/s40573-017-0059-2.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H., Gramzow, Y., Reinhold, P., Schecker, H. & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In: Blömeke, S. & Zlatkin - Troitschanskaia, O. (Hrsg.): Kompetenzen von Studierenden: 61. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik, Weinheim: Beltz, S. 55 - 79.
- Schlödl, A. & Göhring, A. (2015). Fachspezifische Lehrerkompetenzen (FALKO) – Teilprojekt Physik. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Wuppertal.
- Schneider, W. (1991). Methodische Probleme und Möglichkeiten schulbezogener Längsschnittforschung. In: Pekrun, R. & Fend, H. (Hrsg.): Schule und Persönlichkeitsentwicklung Ein Resümee der Längsschnittforschung, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 199, S. 57–80.
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., Leutner, D., Neuhaus, B.J., Sandmann, A., Sumfleth, E., Thillmann, H., Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. ZfDN (Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften), 18, 7–28.
- Weinert, F.E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. E. (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim und Basel: Beltz, S. 17–31.

## Verknüpfung von Aspekten und Struktur mechanistischen Denkens

Mechanistisches Denken ist elementarer Bestandteil naturwissenschaftlicher Forschung und universitärer Lehre. In der Chemiedidaktik werden verschiedene Aspekte mechanistischen Denkens beschrieben: Es beinhaltet das Denken über explizite (in Repräsentationen sichtbar) und implizite Eigenschaften (nicht sichtbar), über Dynamik, über Ursachen und deren Effekte, über multiple Variablen und über das komplexe Zusammenspiel der zuvor genannten Aspekte (Becker, Noyes, & Cooper, 2016; Cooper, Kouyoumdjian, & Underwood, 2016; Moon, Stanford, Cole, & Towns, 2016; Sevan & Talanquer, 2014; Weinrich & Talanquer, 2016). Besonders in der Organischen Chemie haben Studierende immense Schwierigkeiten mit diesen Aspekten mechanistischen Denkens (vgl. Graulich, 2015). Anstatt auf explizite und implizite Eigenschaften zu achten, richten Studierende beispielsweise ihren Fokus oft nur auf explizite Eigenschaften und statt kausalen Denkens über Ursachen und deren Effekte lernen sie Mechanismen häufig auswendig (Anzovino & Bretz, 2015; Bhattacharyya & Bodner, 2005; Ferguson & Bodner, 2008; Graulich & Bhattacharyya, 2017; Grove, Cooper, & Rush, 2012; Grove & Lowery Bretz, 2012; Strickland, Kraft, & Bhattacharyya, 2010; Weinrich & Sevan, 2017). Während viele Forschungsarbeiten die Schwierigkeiten von Studierenden mit Aspekten mechanistischen Denkens beschreiben, ist bisher noch nicht untersucht, wie Aspekte mechanistischen Denkens mit dessen Struktur verknüpft sind.

Die Struktur mechanistischen Denkens lässt sich auf unterschiedliche Art und Weise beschreiben, so z. B. mit dem Toulmin Argumentationsmuster (Cruz-Ramírez de Arellano & Towns, 2014; Moon et al., 2016; Toulmin, 2003), mit verschiedenen kausalen Mustern (Grotzer, 2012), wie der zyklischen Kausalität, oder mit dem von Bernholt und Parchmann (2011) entwickelten Modell multivariater Wechselbeziehungen. Diese Strukturen sind zwar mit dem Aspekt „Ursachen und Effekte“ verknüpft, aber nicht mit den Aspekten, die im Wesentlichen mechanistisches Denken von anderem kausalen Denken unterscheiden, nämlich das Denken über explizite und implizite Eigenschaften von Entitäten—die statische Komponente eines Mechanismus (Machamer, Darden, & Craver, 2000)—und das Denken über Aktivitäten—die dynamische Komponente eines Mechanismus (Machamer et al., 2000).

Warum jedoch hat unser Forschungsansatz genau diese Verknüpfung von Struktur und Aspekten mechanistischen Denkens zum Ziel? Wenn Struktur und Aspekte mechanistischen Denkens getrennt voneinander beforscht werden, dann können unproduktive Aspekte und produktive Ressourcen des Denkens der Studierenden aufgedeckt werden. Es ist jedoch schwierig, direkte Implikationen für die Lehre abzuleiten. Denn selbst wenn unproduktive Aspekte und produktive Ressourcen bekannt sind, gibt dies keine konkreten Hinweise darauf, wo eine Förderung der Studierenden hin zur Aktivierung der produktiven Ressourcen ansetzen kann. Dies ist anders, wenn wir eine Verknüpfung von Struktur und Aspekten mechanistischen Denkens aus der Logik des Faches ableiten. In diesem Fall fokussiert die Forschung nur auf produktive Ressourcen und darauf, welche Ressourcen Studierende bereits aktivieren und welche noch nicht. Darauf können Fördermaßnahmen in Form eines Scaffolding direkt aufbauen, indem den Studierenden strukturelle Verknüpfungen zwischen Aspekten, die sie bereits unbewusst herstellen, bewusst gemacht werden und indem die schon vorhandene Struktur genutzt wird, um noch nicht aktivierte Ressourcen zu aktivieren.

Auf Grundlage theoretischer Überlegungen in der Wissenschaftsphilosophie (Goodwin, 2003, 2008; Machamer et al., 2000) haben wir eine solche Verknüpfung von Struktur und Aspekten mechanistischen Denkens für vergleichendes mechanistisches Denken (VMD) in der Organischen Chemie entwickelt (vgl. Caspari, Kranz, & Graulich, 2018). Die Aspekte „explizite und implizite Eigenschaften“ und „Dynamik“ werden strukturell verknüpft, indem ausgehend von expliziten strukturellen Unterschieden zwischen zwei Fällen deren Relation zu Veränderungen beschrieben wird (Abb. 1). Dabei kommt „Dynamik“ in der Beschreibung der Veränderungen zum Ausdruck und „impliziten Eigenschaften“ sind Bestandteil von Relationen hoher Komplexität, wie weiter unten deutlich werden wird.



*Abb. 1 Muster vergleichenden mechanistischen Denkens, welches Aspekte mit der Struktur mechanistischen Denkens verknüpft.*

Basierend auf diesem VMD Muster und der Zielsetzung die Analyse und Förderung der Ressourcenaktivierung von Studierenden direkt miteinander zu verbinden, ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Wie lässt sich die Komplexität der Relationen, die Studierende herstellen, charakterisieren?
- Wie lässt sich dieses Muster nutzen, um das bewusste Herstellen solcher Relationen bei Studierenden strukturiert anzuleiten?

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage haben 20 OC II Studierende Fallvergleiche zunächst ohne Scaffold in Think-aloud Interviews gelöst. In einer qualitativen Analyse haben wir deduktiv (Saldaña, 2016) das VMD Muster genutzt, um zu erforschen zwischen welchen expliziten strukturellen Unterschieden und Veränderungen die Studierenden Relationen herstellen. Durch induktives Vorgehen (Saldaña, 2016) haben wir darauf aufbauend die Komplexität dieser Relationen analysiert. Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage haben die Studierenden die Fallvergleiche im zweiten Teil der Interviews noch einmal gelöst und wir haben das Denken der Studierenden mit und ohne Scaffold miteinander verglichen.

Aus den Daten des ersten Interviewteils ohne Scaffold konnten drei Komplexitätslevel der Relationen beschrieben werden (Caspari et al., 2018) (Abb. 2). Dabei haben alle Relationen den gleichen Anfangspunkt, nämlich einen expliziten strukturellen Unterschied, und den gleichen Endpunkt, nämlich eine Veränderung (Abb. 2). Unterschiedlich ist, wie viele Informationen die Studierenden zwischen diesem Start- und Endpunkt berücksichtigen (Abb. 2). Bei niedrigem Komplexitätslevel stellen die Studierenden eine direkte Verknüpfung zwischen dem Start- und dem Endpunkt her. Bei mittlerer Komplexität berücksichtigen sie dazwischen zusätzlich eine implizite strukturelle Ursache und bei hoher Komplexität zusätzlich einen elektronischen Effekt (Caspari et al., 2018).

Das zur Analyse verwendete VMD Muster lässt sich auch für ein strukturiertes Scaffolding verwenden (Caspari & Graulich, 2018) (Abb. 3). Studierende wurden zunächst gefragt, welche Veränderungen in beiden Prozessen der Fallvergleiche stattfinden. Dann wurden sie aufgefordert zu beschreiben, was sich zwischen den verglichenen Fällen unterscheidet. Darauf aufbauend wurden sie dazu angeleitet, Relationen zwischen den aufgelisteten Unterschieden und Veränderungen herzustellen. Das Herstellen von Relationen eignet sich sehr gut für die Analyse von Daten ist aber für die Studierenden sehr abstrakt. Deshalb haben wir es für die Studierenden konkretisiert und sie gefragt, welchen Einfluss jeder Unterschied auf jede

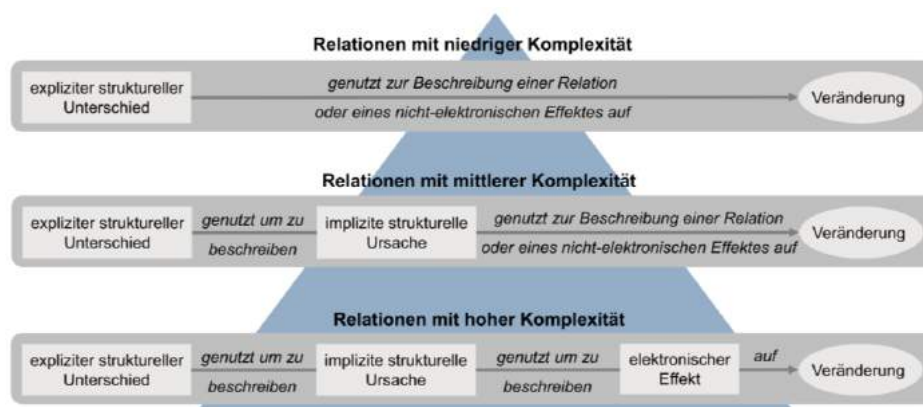


Abb. 2 Nutzung des Musters vergleichenden mechanistischen Denkens zur Analyse von Interviewdaten ergibt drei Komplexitätslevel der von den Studierenden gebildeten Relationen. Verändert nach Caspari, Kranz & Graulich (2018) mit Genehmigung der Royal Society of Chemistry.

Veränderung hat (Abb. 3). Das Scaffolding wurde von den Studierenden sehr gut angenommen. Die Analyse zeigt, dass die Studierenden durch das Scaffolding Relationen zwischen expliziten strukturellen Unterschieden und Veränderungen bewusst herstellen, die sie ohne Scaffold unbewusst hergestellt haben. Es zeigt sich auch, dass Ressourcen, die die Studierenden ohne Scaffold nicht aktiviert haben, durch das Scaffold aktiviert werden, da die Studierenden Relationen herstellen, die sie ohne Scaffold nicht hergestellt haben (Caspari & Graulich, 2018).

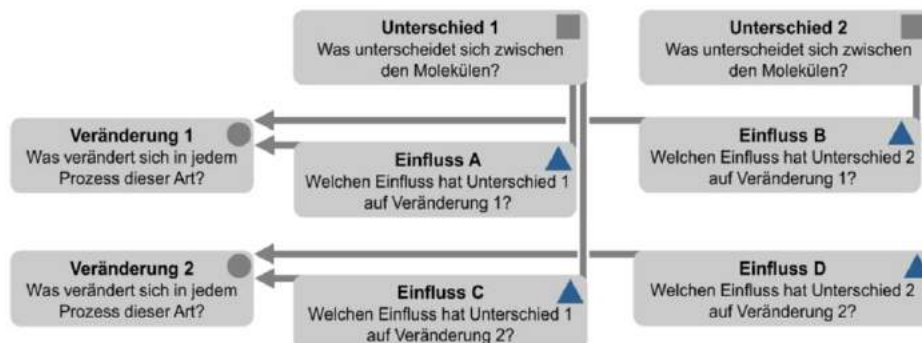


Abb. 3 Schrittweises Scaffold für das vergleichende mechanistische Denken.

Somit ist es uns gelungen, Struktur und Aspekte mechanistischen Denkens miteinander zu verknüpfen und dies für die Analyse und das Scaffolding studentischen Denkens zu nutzen. Damit bieten wir einen Forschungsansatz, der eine Brücke zwischen Diagnose und Förderansätzen schlägt. Unsere bisherige Arbeit bietet außerdem in beiden Bereichen eine wichtige Grundlage für zukünftige Forschungsprojekte. So bietet sich das VMD Muster als Analyseinstrument zur Beantwortung verschiedenster Forschungsfragen an, wie zum Beispiel in dem in diesem Tagungsband vorgestellten Projekt von Eckhard, Rodemer, Bernholt & Graulich (2018) demonstriert. Zudem hat das Scaffold das Potential auf viele weitere Gebiete in den Naturwissenschaften übertragen zu werden. Ein Beispiel für die Schulphysik präsentieren wir in Caspari & Graulich (2018).



## Literatur

- Anzovino, M. E., & Bretz, S. L. (2015). Organic chemistry students' ideas about nucleophiles and electrophiles: the role of charges and mechanisms. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 797-810.
- Becker, N., Noyes, K., & Cooper, M. (2016). Characterizing Students' Mechanistic Reasoning about London Dispersion Forces. *Journal of Chemical Education*, 93(10), 1713-1724.
- Bernholt, S., & Parchmann, I. (2011). Assessing the complexity of students' knowledge in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(2), 167-173.
- Bhattacharyya, G., & Bodner, G. M. (2005). "It Gets Me to the Product": How Students Propose Organic Mechanisms. *Journal of Chemical Education*, 82(9), 1402-1407.
- Caspari, I., & Graulich, N. (2018). Scaffolding the structure of organic chemistry students' multivariate mechanistic reasoning. *International Journal of Physics and Chemistry Education*, revision requested.
- Caspari, I., Kranz, D., & Graulich, N. (2018). Resolving the complexity of organic chemistry students' reasoning through the lens of a mechanistic framework. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1117-1141.
- Cooper, M. M., Kouyoumdjian, H., & Underwood, S. M. (2016). Investigating Students' Reasoning about Acid-Base Reactions. *Journal of Chemical Education*, 93(10), 1703-1712.
- Cruz-Ramírez de Arellano, D., & Towns, M. H. (2014). Students' understanding of alkyl halide reactions in undergraduate organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 501-515.
- Eckhard, J., Rodemer, M., Bernholt, S., & Graulich, N. (2018). Blickbewegungen beim Umgang mit organischen Reaktionsmechanismen. Konferenzbeitrag auf der GDCP Jahrestagung, Kiel.
- Ferguson, R., & Bodner, G. M. (2008). Making sense of the arrow-pushing formalism among chemistry majors enrolled in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(2), 102-113.
- Goodwin, W. M. (2003). Explanation in Organic Chemistry. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 988(1), 141-153.
- Goodwin, W. M. (2008). Structural formulas and explanation in organic chemistry. *Foundations of Chemistry*, 10(2), 117-127.
- Graulich, N. (2015). The tip of the iceberg in organic chemistry classes: how do students deal with the invisible? *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 9-21.
- Graulich, N., & Bhattacharyya, G. (2017). Investigating students' similarity judgments in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 774-784.
- Grotzer, T. A. (2012). *Learning Causality in a Complex World: Understandings of Consequence*. Lanham: Rowman & Littlefield Education.
- Grove, N. P., Cooper, M. M., & Rush, K. M. (2012). Decorating with Arrows: Toward the Development of Representational Competence in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89(7), 844-849.
- Grove, N. P., & Lowery Bretz, S. (2012). A continuum of learning: from rote memorization to meaningful learning in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 201-208.
- Machamer, P., Darden, L., & Craver, C. F. (2000). Thinking About Mechanisms. *Philosophy of Science*, 67(1), 1-25.
- Moon, A., Stanford, C., Cole, R., & Towns, M. (2016). The nature of students' chemical reasoning employed in scientific argumentation in physical chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 353-364.
- Saldaña, J. (2016). *The Coding Manual for Qualitative Researchers* (3 ed.). Los Angeles: Sage.
- Sevian, H., & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 10-23.
- Strickland, A. M., Kraft, A., & Bhattacharyya, G. (2010). What happens when representations fail to represent? Graduate students' mental models of organic chemistry diagrams. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(4), 293-301.
- Toulmin, S. (2003). *The Uses of Argument* (Updated Edition ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Weinrich, M. L., & Sevian, H. (2017). Capturing students' abstraction while solving organic reaction mechanism problems across a semester. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(1), 169-190.
- Weinrich, M. L., & Talanquer, V. (2016). Mapping students' modes of reasoning when thinking about chemical reactions used to make a desired product. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 394-406.

## **Entwicklung von Planungskompetenzen im Laufe einer Lehrerfortbildung**

### **Die Umsetzung von naturwissenschaftlichem Unterricht**

Auch wenn sich im internationalen Vergleich hierzulande häufiger ein forschend-entdeckender Unterrichtsansatz zeigt, findet laut Reiss et al. (2016) auch in Deutschland über alle Schularten hinweg ein naturwissenschaftlicher Unterricht statt, der zwar durchschnittlich kognitiv anregend gestaltet ist, jedoch selten "hands-on"-Gelegenheiten zum Experimentieren bietet. Wie bereits bei PISA 2006 belegt, überwiegt also nach wie vor ein Unterrichtsmuster mit nur wenigen Schülerexperimenten und einem Fokus auf dem Ziehen von Schlussfolgerungen. Mehr "hands-on"-Lernaktivitäten, die das eigenständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler ermöglichen und gleichzeitig strukturiert durch die Lehrkraft angeleitet werden, wären für eine bessere Motivation im naturwissenschaftlichen Unterricht wünschenswert (vgl. Reiss et al., 2016, S. 167 ff.).

Der Unterrichtsansatz des forschend-entdeckenden Lernens ermöglicht den vermehrten Einsatz von "hands-on"-Lernaktivitäten und somit die Entwicklung grundlegender und anschlussfähiger Vorstellungen naturwissenschaftlicher Konzepte und Verfahren bereits bei Grundschulkindern, wobei darüber hinaus die Bildung zur Mündigkeit und Selbstbestimmung des Einzelnen gefördert wird (Reitinger, 2013). Dies entspricht den Forderungen von Reiss et al. (2016) naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht nicht ausschließlich am Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten zu orientieren. Stattdessen sollte der frühe naturwissenschaftliche Unterricht neben der Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens und Wissens über das Wesen der Naturwissenschaften auch motivationale Ziel anstreben (Prenzel et al. 2003, zitiert nach Lange et al., 2012). Laut Reiss et al. (2016) wird der forschend-entdeckende Unterrichtsansatz dem Anspruch einer tragfähigen naturwissenschaftlichen Grundbildung (scientific literacy) für alle Schülerinnen und Schüler gerecht und fördert neben fachlichen Kompetenzen auch die Entwicklung von Interesse und Lernmotivation.

### **Fachdidaktisches Wissen der Lehrkräfte**

Die Gestaltung von forschend-entdeckenden Lernarrangements im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht erfordert ein solides fachdidaktisches Wissen der Lehrkräfte. Laut Baumert et al. (2011) ist das fachdidaktische Wissen insofern relevant, dass dieses Einfluss auf die adressatengerechte Aufbereitung von Inhalten sowie auf die Gestaltung von kognitiv anregenden und motivierenden Lerngelegenheiten für alle Schülerinnen und Schüler hat. Lange et al. (2012) haben den Zusammenhang des fachdidaktischen Wissens der Lehrkräfte im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens in der Grundschule mit fachspezifischen Lernleistungen der Grundschul Kinder untersucht und festgestellt, „dass das fachdidaktische Wissen erwartungskonform auf den leistungsbezogenen Zielbereich, insbesondere den Aufbau eines konzeptuellen Verständnisses, wirkt, zusätzlich aber auch situatives Interesse am Unterricht und Kompetenzerleben fördert, also Einflüsse auf den motivationalen und selbstbezogenen Zielbereich zeigt“ (Lange et al., 2006, S. 69). Daher sollten Lehrerfortbildungen angeboten werden, die das fachdidaktische Wissen im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht, insbesondere die Unterrichtsmethode des forschend-entdeckenden Lernens, thematisieren.

### **Wirksamkeit einer Lehrerfortbildung zum forschend-entdeckenden Lernen**

Um den Einfluss von Lehrerfortbildungen, die fachdidaktische Inhalte des naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts thematisieren, auf das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften zu untersuchen, wurde eine Lehrerfortbildung als Untersuchungsgegenstand ausgewählt, die sich konkret mit der Methode des forschend-entdeckenden Lernens im naturwissenschaftlichen Unterricht am Beispiel der Erneuerbaren Energien beschäftigt. Der Aufbau der Fortbildungsreihe wurde von Attree & Welzel-Breuer (2017) beschrieben. Die fünf Fortbildungsmodule der Fortbildungsreihe fanden im Abstand von vier bis sechs Wochen statt und enthielten neben fachwissenschaftlichen überwiegend Elemente des forschend-entdeckenden Lernens als Methode für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Diese wurden für die teilnehmenden Lehrkräfte methodisch unterschiedlich aufbereitet.

### **Forschungsfrage und Methode**

Fachdidaktisches Wissen ist ein zentrales Element professioneller Lehrerkompetenz und neben dem pädagogischen Wissen elementar für die Planung und Durchführung von Unterricht (König et al., 2017). In der vorliegenden Studie wurden nun konkret die Planungskompetenzen der teilnehmenden Lehrkräfte in den Blick genommen, die die Voraussetzung für eine gelungene Durchführung von forschend-entdeckenden Unterrichtssequenzen bieten und grundlegendes fachdidaktisches Wissen erfordern. Eine Unterrichtsplanung, die zu Beginn der Fortbildung in Gruppenarbeit durchgeführt und dokumentiert wurde, wurde mit einer weiteren Unterrichtsplanung am letzten Modultag verglichen. Um die Wirksamkeit der beobachteten Lehrerfortbildung im Hinblick auf die Planungskompetenzen forschend-entdeckender Unterrichtssequenzen zu untersuchen, musste zunächst geklärt werden, welche Elemente des forschend-entdeckenden Lernens in der Fortbildung überhaupt angeboten wurden und wie und wann dies passierte, um später Rückschlüsse auf die tatsächlich wirksamen Elemente der Fortbildung ziehen zu können. Die Inhalte der Fortbildung konnten u.a. anhand der vorliegenden Verlaufspläne, Powerpointpräsentationen und Moderationskarten der Fortbildungsleitung nachvollzogen werden. Diese Dokumente wurden einer strukturentwickelnden Dokumentenanalyse nach Hermsdorf und Averbek (2014) unterzogen. Wie bei der klassischen Dokumentenanalyse (Glaser, 2013; Mayring, 2016; Wolff, 2008) wurde zunächst die Fragestellung erarbeitet. Die genutzten Dokumente wurden definiert und schließlich eine ausführliche Quellenkritik durchgeführt, um in einem zweiten Schritt die daraus resultierenden Ergebnisse mit strukturbildenden Elementen, die an die qualitative Inhaltsanalyse angelehnt sind, auszuwerten (Hermsdorf & Averbek, 2014). Zu diesem Zweck wurde ein deduktives Kategoriensystem erstellt, welches die Phasen des Forschungsprozesses forschend-entdeckender Lernsituationen für die Entwicklung von A-priori-Kategorien im Sinne von Kuckarts (2016) zugrunde legt. Dies war insofern möglich, da diese Phasen bei der Planung von forschend-entdeckenden Unterrichtssequenzen beachtet werden müssen und somit eine gute Basis für die Planung solcher Lernarrangements bilden.

### **Phasenmodell des forschend-entdeckenden Lernens und deduktive Kategorienbildung**

Da die Definitionen des *'forschend-entdeckenden Lernens'* verschiedener Autoren nicht deckungsgleich sind und zudem Begriffe, wie *'forschendes Lernen'*, *'entdeckendes Lernen'*, *'inquiry learning'* und *'problembasiertes Lernen'*, oftmals nicht eindeutig abzugrenzen sind, wurde für die vorliegende Untersuchung eine eigene Definition, angelehnt an die Definitionen von Bell (2007), Höttecke (2010), Huber (2009), Marquadt-Mau (2011), Rocard et al. (2007) und Schmidkunz & Lindemann (1992), entwickelt. Auf dieser Grundlage konnte schließlich ein eigenes, für den naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule passendes Phasenmodell abgeleitet werden, welches folgende Phasen eines

Forschungsprozesses beinhaltet: *Problemerkfassung* (1), *Finden einer Fragestellung* (2), *Ideen und Vermutungen* (3), *Planung einer forschenden Tätigkeit* (4), *Experimentieren/Forschen* (5), *Ergebnisse dokumentieren* (6), *Ergebnisse präsentieren* (7) und *Reflexion/Wissenssicherung* (8). Diese Phasen wurden als A-Priori-Kategorien für die folgenden Analysen festgelegt und um die Kategorie *Sonstiges* (9) ergänzt, welche u.a. die Sequenzen der Fortbildung beinhaltet, die das Thema des forschend-entdeckenden Lernens eher phasenübergreifend behandelten und somit nicht einer der oben genannten Kategorien (1-8) zugeordnet werden konnten.

### Ergebnisse und Ausblick

Der erste Analyseschritt ergab einen Gesamtanteil an Fortbildungsinhalten zu Elementen des forschend-entdeckenden Lernens in Höhe von 59%, wobei die Anteile in den verschiedenen Modulen jeweils unterschiedlich hoch waren. Im ersten und letzten Modul lag der Anteil lediglich bei 31% bzw. 32%, was unter anderem am Zeitaufwand für die Unterrichtsplanungen der Lehrkräfte sowie der Kennenlernphase und dem Ausfüllen der Fragebögen lag. Am zweiten, dritten und vierten Modultag waren die Anteile der Fortbildungsinhalte zu Elementen des forschend-entdeckenden Lernens mit 82% - 92% dagegen hoch. Um nun Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der Fortbildung ziehen zu können, musste analysiert werden, welche konkreten Fortbildungsinhalte zu Elementen des forschend-entdeckenden Lernens zu welchen Zeitpunkten und mithilfe welcher Methoden vermittelt wurden. Die nachfolgende Abbildung zeigt, wann Elemente des forschend-entdeckenden Lernens in der Fortbildungsreihe konkret aufgegriffen wurden und welcher A-priori-Kategorie diese zugeordnet werden können (siehe Abbildung 1):

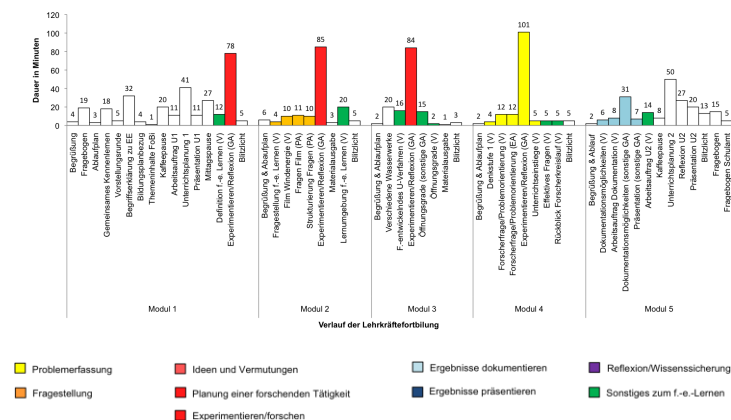


Abb. 1: Fortbildungsinhalte mit Elementen des forschend-entdeckenden Lernens

Es wird deutlich, dass in dieser Fortbildungsreihe dem eigenständigen *Experimentieren und Forschen* (5), welches die Phase der Erarbeitung von *Ideen und Vermutungen* (3) sowie die *Planung einer forschenden Tätigkeit* (4) impliziert, mit 45% am Gesamtanteil der Fortbildungsinhalten mit Elementen des forschend-entdeckenden Lernens ein hoher Stellenwert zukam. Weitere Schwerpunkte waren Inhalte zur *Problemerkfassung* (1), zur *Fragestellung* (2) und *Ergebnisdokumentation* (6), welche teilweise methodisch unterschiedlich aufbereitet wurden. Im nächsten Schritt gilt es, Hinweise darauf zu finden, ob die thematische Auswahl der Fortbildungsinhalte sowie deren methodische Darbietung gegebenenfalls einen Einfluss auf die Entwicklung der Planungskompetenzen der teilnehmenden Lehrkräfte im Verlauf der Fortbildung hatte.

## Literatur

- Attree, T. & Welzel-Breuer, M. (2017). Wirksamkeit einer Lehrerfortbildung zum forschenden Lernen. In: C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016 (S. 684). Universität Regensburg
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Unterricht und die mathematische Kompetenz von Schülerinnen und Schülern (COACTIV) - Ein Forschungsprogramm. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogrammes COACTIV* (S. 7-25). Waxmann. Münster
- Bell, T. (2007). Entdeckendes und forschendes Lernen. In: S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Hrsg.). *Physik-Methodik: Handbuch für die Sekundarstufe 1 und 2*. Cornelsen-Verlag Scriptor, Berlin
- Glaser, E. (2013). Dokumentenanalyse und Quellenkritik. In: B. Frieberthäuser et al. (Hrsg.): *Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft* (S. 365-375). 4. Auflage. Juventa Verlag. Weinheim, München
- Hermsdorf, M. S. & Averbek, I. (2014). *Dokumentenanalyse. Digitale Medien in der beruflichen Bildung - Nutzung durch Ausbilderinnen und Ausbilder*. Bremen
- Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, Heft 21 (S. 4-12)
- Huber, L. (2009): Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist. In: L. Huber, J. Hellmer & F. Schneider (Hrsg.): *Forschendes Lernen im Studium. Aktuelle Konzepte und Erfahrungen* (S. 9-35). Bielefeld
- König, J., Doll, J., Buchholtz, N., Förster, S., Kaspar, K., Rühl, A.-M., Strauß, S., Bremerich-Voß, A., Fladung, I. & Kaiser, G. (2017). *Pädagogisches Wissen versus fachliches Wissen. Struktur des professionellen Wissens bei angehenden Deutsch-, Englisch- und Mathematiklehrkräften im Studium*. Springer. Köln
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methode, Praxis, Computerunterstützung*. 3. Auflage. Beltz Juventa. Weinheim, Basel
- Lange, K., Kleckmann, T., Tröbst, S. & Möller, C. (2012). *Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften und multiple Ziele im naturwissenschaftlichen Sachunterricht*. Verlag für Sozialwissenschaften. Münster
- Marquardt-Mau, Brunhilde (2011). *Der Forschungskreislauf*. In: *Wie gute naturwissenschaftliche Bildung an Grundschulen gelingt*. Deutsche Telekomstiftung und deutsche Kinder- und Jugendstiftung gemeinnützige GmbH (Hrsg.). Bonn & Berlin
- Mayring, P. (2016). *Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken*. 6. Auflage. Beltz-Verlag. Weinheim, Basel
- Prenzel, M., Geiser, H., Langeheine, R. & Lobemeier, K. (2003). Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In: W. Bos, E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schippert, G. Walther & R. Valtin (Hrsg.). *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 143-188). Waxmann. Münster
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, O. (Hrsg.) (2016). *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Waxmann. Münster, New York
- Reitinger, J. (2013). *Forschendes Lernen. Theorie, Evaluation und Praxis in naturwissenschaftlichen Lernarrangements*. Reihe: Theorie und Praxis der Schulpädagogik. Bd. 12., Prolog-Verlag. Immenhausen bei Kassel
- Rocard, M., Csernely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Naturwissenschaftliche Erziehung Jetzt – Eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas*. Brüssel: Europäische Kommission - Generaldirektion Forschung
- Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (1992). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht*; Westarp Wissenschaften
- Wolff, S. (2008). *Dokumenten- und Aktenanalyse*. In: E. Kardorff, I. Steinke & U. Flick (Hrsg.). *Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (S. 502-523). 6. Auflage. Rowohlt Taschenbuch-Verlag. Reinbek bei Hamburg

Hanne Rautenstrauch<sup>1</sup>  
 Dominik Heindenreich<sup>1</sup>  
 Maike Busker<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Europa-Universität Flensburg

## Nawi-Unterricht und Fachunterricht Chemie im Vergleich

### Ausgangslage

In vielen Bundesländern wurde ein integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht eingeführt, welcher eine fächerverbindende Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte zum Ziel hat. Als Grund dafür wird häufig die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung genannt, welche die Aspekte der einzelnen Teildisziplinen, aber in gleichem Maße auch die Vernetzungen und Schnittpunkte dieser Disziplinen umfasst und den Schülerinnen und Schülern lebenslang eine eigenständige Auseinandersetzung mit den Naturwissenschaften und eine Teilhabe an gesellschaftlichen, naturwissenschaftsbezogenen Diskussionen ermöglichen soll (Bröll & Friedrich, 2012). Weiterhin spricht u.a. der zu späte Beginn des Chemie- und Physikunterrichts, der darüber hinaus zu einem entwicklungspsychologisch ungünstigen Zeitpunkt erfolgte (Geörg et al., 2004), für die Einführung des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts. Das Fach Naturwissenschaften wird meist ab der Klassenstufe 5 unterrichtet und ermöglicht somit prinzipiell einen früheren Zugang zu den Fächern Chemie und Physik. Es zeigt sich jedoch, dass gerade in den unteren Klassenstufen eine Dominanz biologischer Themen vorherrscht und nur ca. 9% der Fachinhalte in der Orientierungsstufe chemischen Inhalten entsprechen (GDCh, 2017).

Die Einführung dieses neuen Fächerverbands hat zudem zur Folge, dass ein bis zwei der Teildisziplinen häufig fachfremd unterrichtet werden, da sowohl Lehramtsstudierende als auch Lehrkräfte in den Einzeldisziplinen ausgebildet werden bzw. wurden. Formuliert Befürchtungen, die daraus resultieren, sind u.a., dass Schülerinnen und Schüler ihre Schullaufbahn durchlaufen können, ohne jemals von einer qualifizierten Chemielehrkraft unterrichtet worden zu sein oder aber, dass das notwendigen Fachwissen und die Begeisterung für einen chemiebezogenen Beruf nicht vermittelt werden können (u.a. Jürgensen & Schieber, 2001 & Döriges, 2001).

Vorangegangene Arbeiten zum integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht berichten auf Seiten der Lehrkräfte von Defiziten „hinsichtlich Fachlichkeit, experimenteller Erschließung und didaktisch-methodischer Kompetenz“ (Bröll & Friedrich, 2012) insbesondere in den höheren Klassenstufen und bei Lehrkräften, die nur in einem naturwissenschaftlichen Fach eine Lehramtsausbildung absolviert haben. Zudem gibt es Hinweise aus Pilotstudien in der Schweiz, dass beispielsweise fachfremdes Unterrichten chemischer Inhalte durch Biologielehrkräfte in der 7. bis 9. Klassenstufe zu einem signifikant geringeren Fähigkeitskonzept der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf das Fach Chemie führt. Zusätzlich deutet sich an, dass ein entsprechendes fachbezogenes Studium der Lehrkraft als Prädiktor für die Testleistung der Lernenden im Fach Chemie dienen kann (Lagler & Wilhelm, 2013).

Auf Schülerebene sprechen Beobachtungen von Naturwissenschaftslehrkräften dafür, dass Schülerinnen und Schüler, welche in der Sekundarstufe I durchgängig integriert unterrichtet wurden, nicht zwischen den einzelnen Teildisziplinen Biologie, Chemie und Physik zu differenzieren vermögen (Jürgensen & Schieber, 2001). Als Resultat dessen haben diese Schwierigkeiten bei der Wahl der naturwissenschaftlichen Oberstufenkurse, insbesondere bei der Wahl eines naturwissenschaftlichen Profils mit entsprechendem Schwerpunktfach. Die Wahl eines Leistungskurses bzw. Profils wird jedoch neben der Schulnote als Indikator für die spätere Berufswahl angesehen (Acatech & Körber-Stiftung, 2017). Somit sind auch Konsequenzen

zen für die Wahl eines chemiebezogenen Berufes anzunehmen, wenn im integrierten Unterricht für die jeweilige Teildisziplin spezifische Berufsbilder und Tätigkeiten nicht explizit herausgestellt und ausgeschärft werden.

Im Land Schleswig-Holstein wurde das Fach Naturwissenschaften (zunächst) nur an Gemeinschaftsschulen<sup>1</sup> eingeführt. Daraus ergibt sich in die Besonderheit, dass Schülerinnen und Schüler an allen Gemeinschaftsschulen, unabhängig davon, ob diese über eine gymnasiale Oberstufe verfügen, in der Sekundarstufe I einen integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht erhalten, während Schülerinnen und Schüler an Gymnasien weiterhin in den einzelnen Fachdisziplinen unterrichtet werden. Diese Konstellation bietet die Möglichkeit, Vergleichsanalysen zwischen Schülerinnen und Schülern durchzuführen, die jeweils den Abschluss des Abiturs anstreben, jedoch aufgrund der unterschiedlichen Schularten entweder integrierten Naturwissenschaftsunterricht oder segregierten Fachunterricht in der Teildisziplin Chemie erhalten haben.

### **Forschungsfrage**

Die vorgestellte Untersuchung geht der Frage nach, inwieweit sich Schülerinnen und Schüler, die einen integrierten Naturwissenschaftsunterricht erhalten haben, hinsichtlich

- ihres Interesses an Kontexten, Inhalten und Tätigkeiten
- ihrer fachinhaltsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen
- ihrer chemiebezogenen beruflichen Laufbahn

von Schülerinnen und Schülern unterscheiden, welche im Fach Chemie als Einzeldisziplin unterrichtet wurden.

### **Methode**

Es wurde eine Fragebogenerhebung an zehn schleswig-holsteinischen Gemeinschaftsschulen und Gymnasien mit insgesamt 509 Schülerinnen und Schülern der Klassenstufen 8-10 durchgeführt. Das Interesse an chemischen Kontexten, Inhalten und Tätigkeiten, die fachinhaltsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen und die Vorstellung von bzw. das Interesse an einer chemiebezogenen Berufslaufbahn wurden mit Hilfe einer 5-stufigen Likert-Skala erfragt. Zur Itemkonstruktion wurde zum einen auf die Interessensstudie von Gräber (1992) zurückgegriffen, zum anderen wurden die Items zu den fachinhaltsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen auf der Grundlage der Bildungsstandards (KMK, 2004) entwickelt und mit zwei zehnten Klassen pilotiert. Zusätzlich wurden biographische Daten und Informationen zur (weiteren) schulischen Laufbahn (z.B. letzte Chemienote, angestrebtes Oberstufenprofil etc.) erfragt.

### **Ausgewählte Ergebnisse**

Im Bereich des Interesses konnten drei Skalen identifiziert werden: das Interesse an Inhalten (12 Items,  $\alpha=.950$ ,  $M=2.48$ ,  $SD=.986$ ,  $N=449$ ), das Interesse an Kontexten (7 Items,  $\alpha=.874$ ,  $M=3.01$ ,  $SD=.99$ ,  $N=497$ ) und das Interesse an Tätigkeiten (5 Items,  $\alpha=.819$ ,  $M=3.62$ ,  $SD=.34$ ,  $N=491$ ). Hinsichtlich der fachinhaltsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen konnten zwei Skalen identifiziert werden: Selbstwirksamkeitserwartungen zu Stoff-Teilchen-Konzept/Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (5 Items,  $\alpha=.823$ ,  $M=3.13$ ,  $SD=.999$ ,  $N=497$ ) und Selbstwirksamkeitserwartungen zu chemischen Reaktionen/energetischen Betrachtungen (5 Items,  $\alpha=.778$ ,  $M=2.01$ ,  $SD=.853$ ,  $N=471$ ). Abschließend können im Bereich der Berufsabsichten zwei Skalen identifiziert werden: zum einen zum Berufsinteresse (2 Items,  $\alpha=.853$ ,

<sup>1</sup> Im Land Schleswig-Holstein gibt es in der Sekundarstufe zwei verschiedene Schularten: das Gymnasium und die Gemeinschaftsschule. Letztere wurde für ein längeres, gemeinsames Lernen eingerichtet und Schülerinnen und Schüler können an der Gemeinschaftsschule alle Bildungsgänge (Hauptschule, Realschule und Gymnasium) verfolgen. Dabei ist jedoch nicht allen Gemeinschaftsschulen auch eine gymnasiale Oberstufe angegliedert.

$M=1.75$ ,  $SD=.982$ ,  $N=503$ ) zum anderen zur Berufsvorstellung (2 Items,  $\alpha=.857$ ,  $M=2.27$ ,  $SD=1.03$ ,  $N=503$ ).

Im Bereich des Interesses kann ein signifikanter Unterschied zwischen Schülerinnen und Schülern mit ( $N=173$ ,  $M=3.77$ ,  $SD=.88$ ) bzw. ohne integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht ( $N=290$ ,  $M=3.51$ ,  $SD=.94$ ) nur in der Skala „Tätigkeiten“ identifiziert werden ( $t=2.99$ ,  $df=461$ ,  $p=.003$ ,  $d=0.287$ ). Hier zeigen Schülerinnen und Schüler im segregierten Chemieunterricht ein höheres Interesse. Im Bereich der Selbstwirksamkeitserwartungen zeigen sich dagegen für beide Skalen Unterschiede. In der Skala ST/SE ( $t=6.312$ ,  $df=468$ ,  $p=.000$ ,  $d=0.597$ ) als auch in der Skala CR/E ( $t=2.561$ ,  $df=442$ ,  $p=.011$ ,  $d=0.253$ ) besitzen diejenigen Schülerinnen und Schüler, welche in Chemie als Einzeldisziplin unterrichtet wurden ( $M_{ST/SE}Chemie=3.46$ ,  $N=183$ ,  $M_{ST/SE}Nawi=2.89$ ,  $N=287$ ;  $M_{CR/E}Chemie=2.14$ ,  $N=160$ ,  $M_{CR/E}Chemie=1.92$ ,  $N=284$ ) eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung. Hinsichtlich der chemiebezogenen Berufslaufbahn kann für beide Skalen kein Unterschied zwischen Schülerinnen und Schülern mit ( $N=183$ ) bzw. ohne integriertem Naturwissenschaftsunterricht festgestellt werden ( $N=293$ ,  $p>.054$ ).

### **Zusammenfassung**

Die Ergebnisse der Studie weisen Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern, die entweder den segregierten Chemieunterricht oder den integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht besucht haben, im Bereich der fachbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen sowie hinsichtlich des Interesses an Tätigkeiten aus. Eine mögliche Ursache für den beschriebenen Unterschied im Interesse an Tätigkeiten könnte darin liegen, dass im naturwissenschaftlichen Unterricht häufig fachfremd Unterrichtende eingesetzt werden, wodurch möglicherweise in geringerem Umfang Experimente durchgeführt werden. Die Unterschiede, die für die beiden Skalen zu den fachbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen beschrieben werden können, werfen die Frage auf, inwiefern sich diese Unterschiede auch in den Fachkompetenzen der Schülerinnen und Schüler widerspiegeln.



### Literatur

- Acatech & Körber -Stiftung (2017). MINT Nachwuchsbarometer 2017. Fokusthema: Bildung in der digitalen Transformation. Online verfügbar unter [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Kooperationspublikationen/MINT-Nachwuchsbarometer-Langfassung-final-mit-Cover-und-Einzelseiten.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Kooperationspublikationen/MINT-Nachwuchsbarometer-Langfassung-final-mit-Cover-und-Einzelseiten.pdf), zuletzt geprüft am 05.08.2018
- Bröll, L. & Friedrich, J. (2012). Zur Qualifikation der Lehrkräfte für den NWA-Unterricht. eine Bestandsaufnahme in Baden-Württemberg. In MNU 65 (3), 180–186
- Dörge, A. (2001). Erfahrungen mit dem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. In MNU 54 (4), 230–232
- GDCh (Hg.) (2017). Bildung in Chemie stärken - Tutzing Offensive der GDCh für die Jahrgangsstufen 5 & 6. Diskussionsergebnisse und Empfehlungen aus der Klausurtagung "Stärkung des Chemieunterrichts in den Klassen 5 und 6". Unter Mitarbeit von G. Lück, M. Brüggemeyer und H.-G. Weinig. Stärkung des Chemieunterrichts in den Klassen 5 und 6. Tutzing, 28.-29.09.2016
- Geörg, J.; Haas, T. & Zink, W. (2004). Real Schule. Naturwissenschaftliches Arbeiten. Fundamental. Phänomenal. NWA in der Praxis. Braunschweig: Schrödel
- Gräber, W. (1992). Interesse am Unterrichtsfach Chemie, an Inhalten und Tätigkeiten. In Chemie in der Schule 39 (10), 354-358
- Jürgensen, F. & Schieber, M. (2001). Zur Beliebtheit eines integrierten Fachs "Naturwissenschaften". Bericht aus der Praxis. In MNU 54 (8), 489–491
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. Online verfügbar unter [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf), zuletzt geprüft am 05.08.2018
- Lagler, E. & Wilhelm, M. (2013). Zusammenhang von Schülerleistung und Fachausbildung der Lehrkräfte in den Naturwissenschaften - eine Pilotstudie zur Situation in der Schweiz. In chimica didacticae et ceterae rerum naturae 38 (105), 47–70

## Zum Einfluss von Strukturierung und Differenzierung

### Theoretischer Hintergrund

#### *Strukturierung und Differenzierung als Qualitätsmerkmale von Unterricht*

Sowohl die Strukturierung als auch die Differenzierung von Lernprozessen gelten als wichtige Qualitätsmerkmale von Unterricht (Bolhuis, 2003; Helmke, 2014; Meyer, 2014). Die Notwendigkeit differenzierender Maßnahmen im Unterricht ergibt sich aus der Heterogenität der Schülerschaft, die sich beispielsweise in Unterschieden im Vorwissen, der kognitiven Fähigkeit oder im Lerninteresse äußert. Obwohl die Differenzierung von Lernprozessen schon lange diskutiert wird, berichten in der aktuellen PISA-Studie mehr als die Hälfte der 15-Jährigen von keiner oder einer seltenen Binnendifferenzierung im Unterricht (Schiepe-Tiska et al., 2016). Die Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen ist jedoch eine wichtige Grundlage für erfolgreiche Lernprozesse (Bohl, Bönsch, Trautmann & Wischer, 2012). So zeigen auch Studien zur Binnendifferenzierung im Fach Chemie überwiegend positive Ergebnisse (Kallweit, 2015; Anus, 2015).

Gleichzeitig machen Forschungsergebnisse darauf aufmerksam, dass binnendifferenzierter Unterricht sinnvoll strukturiert sein muss, um auch leistungsschwachen Lernenden eine Orientierung für ihren Lernprozess zu geben (Möller, Jöns, Hardy & Stern, 2002; Seidel & Shavelson, 2016; Nesbit & Adesope, 2006). Eine klare Unterrichtsstrukturierung ist insbesondere für die naturwissenschaftlichen Fächer von Bedeutung, da dort ein kumulativer Wissensaufbau aufgrund einer geringen vertikalen und horizontalen Vernetzung erschwert ist (Freiman, Habelitz-Tkotz, Layritz, Mößel & Zühlke, 2002; Gilbert, 2006).

#### *Lernleitern als Strukturierungsform von Unterricht*

Um Strukturierung und Binnendifferenzierung im Unterricht miteinander zu verknüpfen, kann das Konzept der Lernleiter verwendet werden. Bei Lernleitern handelt es sich um eine Strukturierungshilfe, die durch einen sequenzierten Aufbau den Lerninhalt sowie den Unterrichtsgang in einzelne Bausteine unterteilt (Girg, Lichtinger & Müller, 2012). In Abbildung 1 sind die Bausteine einer Lernleitersequenz dargestellt, die für Lernende transparent in Form eines Plakates oder Arbeitsblattes gemacht werden. In die so vorgegebene Struktur lassen sich binnendifferenzierte Arbeitsphasen integrieren, sodass für die Schülerinnen und Schüler der vollständige Verlauf des Lernprozesses ersichtlich wird.

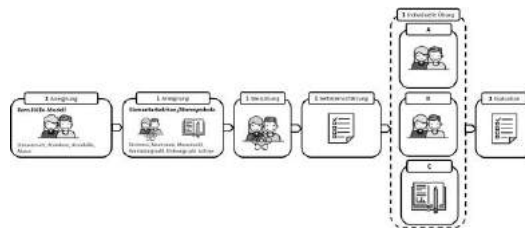


Abb. 1: Bausteine einer Lernleitersequenz

### Forschungsprojekt

#### *Forschungsfragen*

Bislang ist noch ungeklärt, inwieweit die beiden Merkmale Binnendifferenzierung und Strukturierung miteinander interagieren, weshalb sich die folgenden Forschungsfragen ergeben:

**FF1:** Inwieweit wirkt die Strukturierung des Unterrichts durch die Lernleiter auf affektive und kognitive Schülervariablen?

**FF2:** Inwieweit wirkt die Binnendifferenzierung nach Leistungsfähigkeit auf affektive und kognitive Schülervariablen?

**FF3:** Inwieweit wirkt die Binnendifferenzierung in Kombination mit der Strukturierung durch die Lernleiter auf affektive und kognitive Schülervariablen?

#### *Studiendesign*

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurde eine Prä-Post-Interventionsstudie im 2x2-Design durchgeführt (siehe Abb. 2). Während in den ersten beiden Gruppen (SB und S) lernleiterstrukturierte Materialien zum Thema Atombau eingesetzt wurden (mit bzw. ohne Binnendifferenzierung), gestaltete in den beiden anderen Gruppen (B und KG) die jeweilige Lehrperson den Unterricht selbst (mit bzw. ohne die entwickelten Materialien zur Binnendifferenzierung).

An der Untersuchung nahmen 655 Schülerinnen und Schüler der 8. Jahrgangsstufe nordrhein-westfälischer Gymnasien teil. Die Dauer der Intervention betrug etwa 15 Unterrichtsstunden.

|                                                                      |                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>SB</b><br>Lernleiter-Strukturierung<br>Binnendifferenzierung      | <b>S</b><br>Lernleiter-Strukturierung<br>Keine Binnendifferenzierung        |
| <b>B</b><br>Keine Lernleiter-Strukturierung<br>Binnendifferenzierung | <b>KG</b><br>Keine Lernleiter-Strukturierung<br>Keine Binnendifferenzierung |

Abb. 2: 2x2-Studiendesign

#### *Testinstrumente*

Zum Prä-Messzeitpunkt wurden sowohl die kognitiven Fähigkeiten als auch das Fachwissen zum Thema Atombau der Schülerinnen und Schüler mithilfe eines Multiple-Choice-Tests im Single-Select-Format erhoben. Zudem wurde ein Fragebogen zum individuellen Interesse, zur Motivation sowie zum chemiebezogenen Selbstkonzept eingesetzt. Während der Intervention begleitete ein Implementationstagebuch der Lehrpersonen den Unterricht. Zum Post-Messzeitpunkt wurden die aufgeführten Schülervariablen (mit Ausnahme der kognitiven Fähigkeit) erneut erhoben.

#### **Ausgewählte Ergebnisse**

##### *Fachwissen*

Werden die Ergebnisse des Fachwissenstests mittels *t*-Test für verbundene Stichproben betrachtet, ist zunächst festzustellen, dass alle vier Gruppen vom Prä- zum Post-Messzeitpunkt höchstsignifikant mit großen Effektstärken dazulernen (SB:  $t(158) = 26.194$ ,  $p < .001$ ,  $d = 2.52$ ; S:  $t(137) = 25.741$ ,  $p < .001$ ,  $d = 2.53$ ; B:  $t(160) = 19.504$ ,  $p < .001$ ,  $d = 1.63$ ; KG:  $t(125) = 16.224$ ,  $p < .001$ ,  $d = 1.46$ ). Abbildung 3 zeigt die erreichten Punktzahlen der vier Gruppen für die beiden Messzeitpunkte. Hinsichtlich des Unterschieds im Lernzuwachs zwischen den Gruppen ergeben Post-hoc-Tests, dass die Schülerinnen und Schüler, die mithilfe der Strukturierung durch die Lernleiter unterrichtet wurden (Gruppen SB und S), einen signifikant höheren Lernzuwachs erzielten als Lernende der anderen beiden Gruppen (B und KG) ( $p < .001$ ; Effektstärken:  $d_{SB-B} = .61$ ;  $d_{SB-KG} = .59$ ;  $d_{S-B} = .61$ ;  $d_{S-KG} = .60$ ). Um das Vorwissen bei der Auswertung zu berücksichtigen, wurden die Post-hoc-Tests mit den standardisierten Residuen durchgeführt.

Zwischen den beiden Gruppen mit Lernleiter-Strukturierung bzw. den beiden Gruppen ohne Lernleiter-Strukturierung gibt es keine signifikanten Unterschiede im Lernzuwachs.

Werden die beiden Lernleiter-Gruppen mit den beiden Nicht-Lernleiter-Gruppen kontrastiert, zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler der Lernleiter-Gruppen signifikant mehr dazu lernen ( $t(582) = 7.269$ ,  $p < .001$ ,  $d = .60$ ), während ein Vergleich der Gruppen mit Binnendifferenzierung mit den Gruppen ohne Binnendifferenzierung keine signifikanten Ergebnisse liefert ( $p = .985$ ,  $d = .00$ ). Die Ergebnisse machen deutlich, dass die Strukturierung zu positiven Effekten bezüglich des Fachwissenszuwachses führt, wohingegen ein Einfluss der Binnendifferenzierung nicht festzustellen ist.

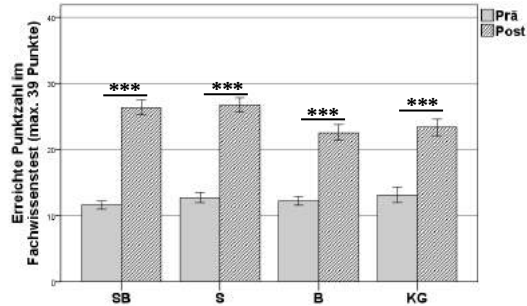


Abb. 3: Veränderungen im Fachwissen

#### Individuelles Interesse

Hinsichtlich des individuellen Interesses zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler der Gruppe SB zum Post-Messzeitpunkt ein signifikant höheres individuelles Interesse haben als zum Prä-Messzeitpunkt ( $t(153) = 2.070$ ,  $p < .05$ ,  $d = .15$ ). Für die Gruppen S und B lassen sich keine signifikanten Effekte beobachten, allerdings steigt das individuelle Interesse der Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe signifikant ( $t(122) = 2.590$ ,  $p < .05$ ,  $d = .20$ ). Die Ergebnisse zum individuellen Interesse der vier Gruppen sind in Abbildung 4 dargestellt. Da der Befund der Kontrollgruppe nicht erwartungskonform ist, wurden die Implementationstagebücher der Lehrkräfte genauer betrachtet. Es zeigte sich, dass der positive Effekt auf eine Teilstichprobe der Kontrollgruppe zurückzuführen ist, innerhalb derer die Schülerinnen und Schüler mit einem Gruppenpuzzle zum Thema Atombau unterrichtet wurden. Es ist anzunehmen, dass dies zu einer Steigerung im individuellen Interesse führte ( $t(49) = 2.600$ ,  $p < .05$ ,  $d = .31$ ). Wird die Veränderung im individuellen Interesse für die restlichen drei Klassen der Kontrollgruppe betrachtet, zeigen sich keine Effekte ( $p = .203$ ,  $d = .13$ ).

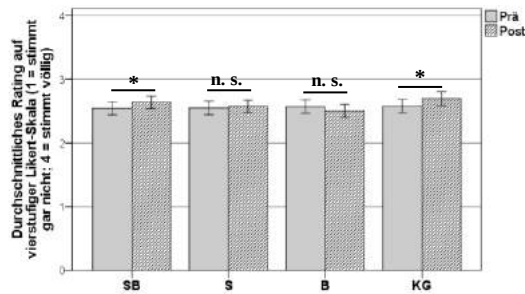


Abb. 4: Veränderungen im individuellen Interesse

#### Fazit

Das Lernleiter-Material mit Binnendifferenzierung führt verglichen mit dem herkömmlichen Chemieunterricht zu einem signifikant höheren Lernzuwachs und fördert darüber hinaus das individuelle Interesse der Schülerinnen und Schüler. Während die Binnendifferenzierung auf den Lernzuwachs keinen signifikanten Einfluss hat, erweist sich die Lernleiter-Strukturierung als ursächlich für den positiven Effekt.

Vielen Dank an das Projekt *Ganz In*, die Stiftung Mercator und das Ministerium für Schule und Bildung in NRW für ihre Unterstützung.

## Literatur

- Anus, S. (2015). *Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht. Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion*. Berlin: Logos.
- Bohl, T., Bönsch, M., Trautmann, M. & Wischer, B. (2012). Binnendifferenzierung – Ein altes Thema in der aktuellen Diskussion. Zur Einleitung. In: T. Bohl, M. Bönsch, M. Trautmann & B. Wischer: *Binnendifferenzierung. Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht*. Immenhausen: Prolog.
- Bolhuis, S. (2003). Towards process-oriented teaching for self-directed lifelong learning: A multidimensional perspective. *Learning and Instruction*, 13(3), 327–347. doi:10.1016/S0959-4752(02)00008-7
- Freiman, T., Habelitz-Tkotz, W., Layritz, W., Mößel, W. & Zühlke, B. (2002). Kumulatives Lernen. In: Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (Hrsg.): *Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts. Erfahrungsbericht zum BLK-Programm SINUS in Bayern*. URL: [http://www.sinus-bayern.de/userfiles/Broschuere\\_2002/SINUS\\_Bayern\\_2002.pdf](http://www.sinus-bayern.de/userfiles/Broschuere_2002/SINUS_Bayern_2002.pdf) [04.09.2018]
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of “Context” in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976. doi:10.1080/09500690600702470
- Girg, R., Lichtinger, U. & Müller, T. (2012). *Lernen mit Lernleitern. Unterrichten mit der MultiGradeMultilevel-Methodology*. Immenhausen: Prolog.
- Helmke, A. (2014). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität*. 5. Auflage. Seelze-Velber: Kallmeyer in Verbindung mit Klett.
- Kallweit, I. (2014). *Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen*. Berlin: Logos.
- Meyer, H. (2014). *Was ist guter Unterricht?* 10. Auflage. Berlin: Cornelsen.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.): *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft, 45*, S. 176–191. Weinheim: Beltz.
- Nesbit, J. C., & Adesope, O. O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 76(3), 413–448.
- Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.-H., Neumann, K. & Lüdtke, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster: Waxmann, 133–175.
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2016). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research*, 77(4), 454–499. doi:10.3102/0034654307310317

Anja Lembens  
 Susanne Hammerschmid  
 Susanne Jaklin-Farcher  
 Christian Nosko  
 Katrin Reiter

Universität Wien  
 Universität Wien  
 Uni Wien + PH Wien  
 Uni Wien + KPH Wien / Krems  
 Uni Wien + PH Wien

### **Conceptual Coherence Maps als Instrument zur Analyse von Schulbüchern**

Ein wichtiges Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Schule ist es, Lernende mit einer angemessenen naturwissenschaftlichen Grundbildung auszustatten. Diese naturwissenschaftliche Grundbildung soll Lernende zu einem tieferen Verstehen naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen, Phänomene und Konzepte verhelfen und kommende Generationen dazu befähigen, mit aktuellen und zukünftigen Herausforderungen im Bereich von Naturwissenschaften und Technologie angemessen umzugehen.

Wichtige Elemente einer naturwissenschaftlichen Grundbildung sind fundierte Kenntnisse über zentrale naturwissenschaftliche Konzepte (Big Ideas) und ein Verstehen der tieferen Strukturen, die diese Ideas miteinander verbinden. Chi et al. (1981) beschreiben dies als "effective organization of knowledge with meaningful relations among related elements".

Lernende haben oft Probleme mit dem Erkennen und Verstehen konzeptueller Beziehungen zwischen Big Ideas eines Themas, weil ihr Wissen häufig eher eine fragmentierte Akkumulation von Bruchstücken ist, das zusätzlich auch widersprüchliche und naive Vorstellungen enthalten kann.

#### **Schulbücher haben Schlüsselfunktion für das Lehren und Lernen**

Einer von vielen Faktoren, die das konzeptuelle Lernen beeinflussen, sind Schulbücher. Diese werden einerseits von den SchülerInnen zum Lernen in der Klasse und zuhause verwendet. Andererseits, und das erscheint noch wichtiger, nutzen LehrerInnen Schulbücher für ihre Unterrichtsplanung und -vorbereitung – sie vertrauen darauf bei der Auswahl dessen, was und wie sie unterrichten (Roseman et al. 2010). Nach Oelkers (2010, S. 18) können Schulbücher als „Rückgrat des Unterrichts“ angesehen werden – es sind die Lehrmittel, die den Unterricht übersichtlich halten, die Komplexität von Themen reduzieren oder auch die Struktur von Aufgaben bestimmen. Aus diesem Grund ist es entscheidend, aber nicht hinreichend, dass Schulbücher die naturwissenschaftlichen Inhalte korrekt und in einer für die Zielgruppe angemessenen Art und Weise präsentieren. Schulbücher sollen auch das (eigenständige) Lernen der SchülerInnen in Bezug auf das Erkennen und Verstehen konzeptueller Beziehungen zwischen den Big Ideas des jeweiligen Themas unterstützen. Das so erworbene Wissen können die Lernenden dann einsetzen, um in naturwissenschaftlichen Kontexten angemessen zu argumentieren und Entscheidungen zu treffen. Unser Forschungsinteresse bezieht sich nun darauf, ob und inwiefern Schulbücher diesen Ansprüchen genügen, und ob und inwiefern sie dabei auf Erkenntnissen aus der fachdidaktischen Forschung aufbauen.

#### **Warum das Thema ‚Säuren und Basen‘?**

Das Kapitel ‚Säuren und Basen‘ (S&B) ist im österreichischen Lehrplan für die Sekundarstufe fest verankert. Er definiert Säure-Base-Reaktionen als Protonenübertragungsreaktionen, womit sie als wichtiges Beispiel für das Donator-Akzeptor-Konzept im Chemieunterricht dienen. Gleichzeitig steht dieser Themenkomplex exemplarisch für Alltagsbezüge, Modellverstehen und - anwenden. Dementsprechend sollten in den Chemieschulbüchern der Sek I ‚S&B‘ nach dem Modell von Brønsted definiert werden. Dessen ungeachtet finden sich in vielen Schulbüchern für die Sekundarstufe I Bezüge zum Arrhenius Modell oder Mischformen beider Modelle.

Langjährige Erfahrungen in der Ausbildung von ChemielehrerInnen zeigen, dass viele Chemie Lehramtsstudierende mit fachlich und fachdidaktisch unangemessenen Vorstellungen in fachdidaktische Lehrveranstaltungen kommen. Sie vermischen Phänomen-, submikroskopische (Teilchen-) und symbolische Ebene bei der Erklärung chemischer Sachverhalte. Außerdem vermischen sie das Arrhenius- und das Brønsted-Modell bei der Erklärung fachlicher Konzepte (Lembens 2017, Lembens & Becker 2017, Lembens & Reiter 2018 a, b). Die Literatur zeigt zudem, dass auch erfahrene Lehrpersonen dazu neigen, die verschiedenen ‘S&B’-Modelle miteinander zu vermischen (Van Driel & Verloop 1999, 2002; Barke 2015).

### **Die Entwicklung von Conceptual Coherence Maps**

Roseman und Kolleginnen (2010) betonen, dass wir verstehen müssen, „what textbooks do and don’t do on each broad topic at the grain size of specific ideas and the interconnection among them“ (S. 49), wenn wir einen substantiellen Beitrag zur Verbesserung des Lernens von Naturwissenschaften leisten wollen. Mit Bezug auf Ainsworth & Burcham (2007) argumentieren sie, dass die kohärente Präsentation von miteinander in Beziehung stehenden Big Ideas ein charakteristisches Merkmal von Schulbüchern ist, die ein tieferes und integriertes Verstehen naturwissenschaftlicher Ideas unterstützen (Roseman et al. 2010, S. 49). Ainsworth & Burcham haben herausgefunden, dass Selbsterklärungsstrategien von Lernenden in Kombination mit maximal kohärenten Texten dazu führen, dass Lernende Unstimmigkeiten in ihren eigenen mentalen Modellen erkennen und diese zu wissenschaftlich angemessenen Vorstellungen hin weiterentwickeln können (2007, S. 286). Daraus kann die Forderung nach einer größtmöglichen konzeptuellen Kohärenz in Schulbüchern abgeleitet werden.

Kohärente Schulbücher sollen (nach Roseman et al. 2010, S. 50-51)

- eine Reihe altersangemessener naturwissenschaftlicher Konzepte (Ideas) und die konzeptuellen Beziehungen zwischen ihnen präsentieren;
- die Konzepte (Ideas) und die konzeptuellen Beziehungen zwischen ihnen mit hilfreichen Repräsentationen erklären (Champagne, Gunstone & Klopfer, 1985; Spiro, Feltovich, Coulson & Anderson, 1989; Strike & Posner, 1985);
- die Anwendung dieser Konzepte (Ideas) auf Gegenstände, Ereignisse und Prozesse aus der erlebten Welt illustrieren (Anderson & Smith, 1987; Champagne et al., 1985; Strike & Posner, 1985); und
- unnötige Fachbegriffe oder Details vermeiden, die vom Kern des angestrebten Lehrziels ablenken können (Garner & Gillingham, 1989; Harp & Mayer, 1998).

Um eine solche Kohärenz erfassbar zu machen, operationalisierten Roseman und Kolleginnen die konzeptuelle Kohärenz von biologischen Themen indem sie einen Konsens darüber herstellten, was mit konzeptueller Kohärenz gemeint ist, wie diese aussieht, wie sie charakterisiert und wie sie erfasst werden kann. Hierzu wurden zunächst Big Ideas und die möglichen Beziehungen zwischen ihnen definiert. Das daraus resultierende Produkt nannten sie “Conceptual Coherence Map”. Anschließend wurden klare Leitlinien für die Anwendung der Conceptual Coherence Map bei der Analyse von Schulbüchern formuliert. Ziel war es zu erfassen, ob ein Schulbuch die Big Ideas eines Themas und mögliche Beziehungen angemessen darstellt oder nicht.

Um unserem Erkenntnisinteresse, inwiefern sich die Big Ideas zum Thema ‘Säuren und Basen’ in einer fachlich richtigen und konzeptuell kohärenten sowie adressatengerechten Art und Weise in Österreichischen Schulbüchern für die Sekundarstufe I finden, nachzugehen, haben wir angelehnt an Roseman et al. (2010) zunächst die schon zuvor von uns formulierten Big Ideas zum Thema ‘S&B’ überarbeitet und daraus eine Conceptual Coherence Map (siehe Abb. 1) entwickelt. Die Idee zur Formulierung von Big Ideas geht auf Loughran et al. (2004, 2012) zurück, die diese zur Erstellung von Content Representations zur Darstellung und

Entwicklung des Pedagogical Content Knowledge (PCK) von LehrerInnen nutzen. Roseman et al. (2010) definieren Big Ideas als „propositions that can be investigated and hence supported or refused by data“ and that they „can be connected to other ideas“ (S. 49). Sie argumentieren, dass „learning occurs at the grain size of ideas – whether scientifically correct ideas or misconceptions“ (S. 49). Wir verwenden Big Ideas schon seit Jahren in der Ausbildung von ChemielehrerInnen und haben sie für diese Arbeit aufgegriffen. In einem ersten Schritt wurde zwischen den Kernideen des Themas ‘S&B’ (Big Ideas) und verwandten Ideen (Related Ideas) unterschieden. Related Ideas sind als sinnvolle aber für ein grundlegendes Verstehen nicht zwingend notwendige Erweiterungen zu denken.

Eine kohärente Darstellung des Themas ‘Säuren und Base’ für die Sekundarstufe ist dadurch gekennzeichnet, dass sowohl die fünf Big Ideas als auch die drei Related Ideas sowie die konzeptuellen Beziehungen zwischen ihnen adressatengerecht dargestellt und erklärt werden. Am Ende der Sekundarstufe I wird von den Lernenden ein grundlegendes Verstehen dieser Konzepte erwartet. In der Sekundarstufe II sollen sich die Lernenden zusätzlich rechnerisch mit den Teilaspekten pH-Wert,  $K_{s/B}$ - und  $pK_{s/B}$ -Wert, Säure-/Basenstärke, Titration etc. auseinandersetzen und diese in relevanten Kontexten anwenden können. Ein Lehrbuch für die Sekundarstufe II kann dann im Prinzip mit jeder der Big Ideas beginnen und dann Schritt für Schritt die anderen Ideas unter Verwendung gut gewählter Beispiele (Phänomene und Repräsentationen) anknüpfen. Die folgende Graphik (Abb. 1) zeigt die von uns entwickelte Conceptual Coherence Map zum Thema ‘Säuren und Basen’. Blaue Kästchen zeigen die Big Ideas, grüne Kästchen zeigen Related Ideas. Die Pfeile symbolisieren konzeptuelle Beziehungen zwischen den Ideas, die hierarchisch (einfacher Pfeil) oder reziprok (doppelter Pfeil) sein können. „Hierarchisch“ meint, dass man A wissen muss, um B zu verstehen.

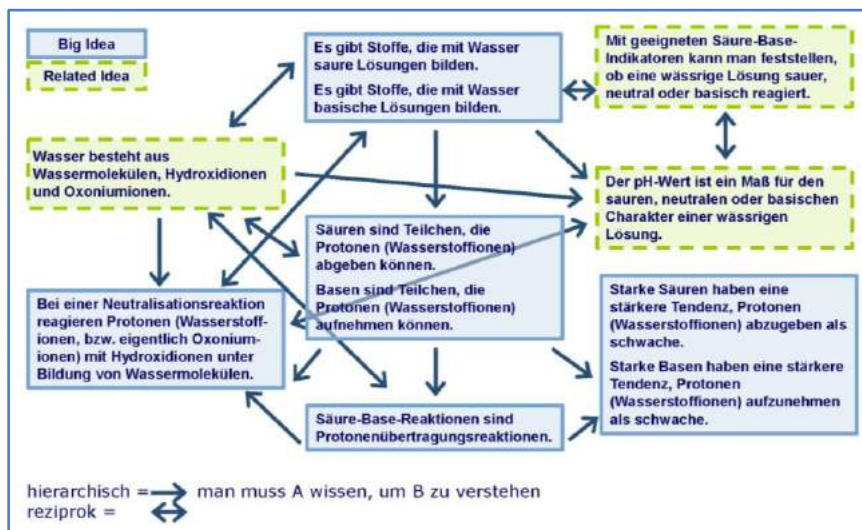


Abb. 1: Conceptual Coherence Map zum Thema ‘Säuren und Basen’

### Ausblick

Derzeit wird an der Erstellung eines Leitfadens mit klaren Beschreibungen aller Elemente der Conceptual Coherence Map gearbeitet, um diese zur systematischen Analyse der Schulbücher einsetzen zu können. Als nächster Schritt folgt die Erprobung und Validierung der Map und des Leitfadens. Längerfristiges Ziel ist es, auf der Basis der Erkenntnisse aus der anschließenden Schulbuchanalyse Lerngelegenheiten und Material mit hoher konzeptueller Kohärenz zu erstellen, auf Wirksamkeit hin zu überprüfen und in der LehrerInnenbildung zu implementieren.



### Literatur

- Ainsworth, S., & Burcham, S. (2007). The impact of text coherence on learning by self-explanation. *Learning and Instruction*, 17(3), 286–303.
- Anderson, C.W. & Smith, E.L. (1987). Teaching science. In V. Richardson-Koehler (Hrsg.), *The educator's handbook: A research perspective* (S. 84–111). New York: Longman, Inc.
- Barke, H.-D. (2015). Brönsted-Säuren und Brönsted-Basen: es sind nicht Stoffe, sondern Moleküle oder Ionen! *Chemie & Schule*, 30 (1), 10-15.
- Champagne, A., Gunstone, R. & Klopfer, L. (1985). Effecting changes in cognitive structures among physics students. In: L. West & A. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (S. 61–90). Orlando, FL: Academic Press.
- Chi, M., Feltovich, P. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Sciences*, 5, 121–152.
- Garner, R. & Gillingham, M. (1989). Effects of “seductive details” on macroprocessing and microprocessing in adults and children. *Cognition and Instruction*, 6(1), 41–57.
- Garnett, P., Garnett, P. & Hackling, M. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning *Studies in Science Education*, 25: 69-95.
- Harp, S. & Mayer, R. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 90(3), 414–434.
- Lembens, A. (2017). "Säuren und Basen" - Sprache und Konzeptwechsel als Herausforderung für den Chemieunterricht. In: *Chemie & Schule*, 32(4), 28-29.
- Lembens, A. & Becker, R. (2017). "Säuren und Basen" – Stolpersteine für SchülerInnen, Studierende und Lehrende. In: *Chemie & Schule*, 32(1), 12-15.
- Lembens, A. & Reiter, K. (2018a). Pre-service Chemistry Teachers' Conceptions of How to Teach 'Acids and Bases'. In: Finlayson, O., McLoughlin, E., Erduran, S. & Childs, P. (Gen. Eds.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2017 Conference: Research, Practice and Collaboration in Science Education*. Dublin, Ireland: European Science Education Research Association. p. 1660-1668
- Lembens, A. & Reiter, K. (2018b). Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum Thema ‚Säuren und Basen‘ – Eine Herausforderung für die LehrerInnenbildung. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017 (Vol. 38). Kiel: IPN.
- Loughran, J.; Berry, A. & Mulhall, P. (2012). *Understanding Science Teachers' Pedagogical content knowledge* (2nd edition). Rotterdam: Sense publishers
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- Oelkers, J. (2010). Lehrmittel: Rückgrat des Unterrichts. In: Folio Nr. 1, S. 18-21. URL: [http://edudoc.ch/record/37008/files/01-2010\\_oelkers.pdf](http://edudoc.ch/record/37008/files/01-2010_oelkers.pdf) [21.06.2018].
- Roseman, J., Stern, L. & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*. 47 (1), S. 47-70
- Spiro, R.J., Feltovich, P.J., Coulson, R.L. & Anderson, D.K. (1989). Multiple analogies for complex concepts: Antidotes for analogy-induced misconception in advanced knowledge acquisition. In: Vosniadou S. & Ortony A. (Hrsg.), *Similarity and analogical reasoning* (S. 498–531). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Strike, K.A. & Posner, G.J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In: L.H. West & A.L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (S. 211–231). Orlando, FL: Academic Press.
- Van Driel, J.H. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science, *Int. J. Sci. Educ.*, 21, 1141-1153.
- Van Driel, J.H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education, *Int. J. Sci. Educ.*, 24, 1255-1272.

## **Erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext – Konzeption und Evaluation von Aufgaben zur Vorlesung „Organische Experimentalchemie I“**

### **Einleitung**

Laut Kultusministerkonferenz (KMK, 2017, S. 3) sollen „Lehramtsstudierende bei Abschluss ihres Studiums über anschlussfähiges Fachwissen verfügen“. Hierzu zählt ein solides und strukturiertes Fachwissen (Verfügungswissen), sie verfügen aufgrund ihres Überblickswissens über den Zugang zu den aktuellen grundlegenden Fragestellungen ihrer Fächer und sie können reflektiertes Wissen über ihre Fächer (Metawissen) einsetzen. Es wird jedoch nicht deutlich, welches Fachwissen genau gemeint ist und wie dieses Fachwissen erlangt werden soll. Das Fachwissen ist zusammen mit dem fachdidaktischen und dem pädagogischen Wissen ein Teil des Professionswissens (Shulman, 1986). In den MINT-Fächern wurden in den letzten Jahren verschiedene Studien, wie z.B. COACTIV, ProfiLe-P und ProfiLe-P+ zu den Kategorien des Professionswissens durchgeführt. Die Lehramtsstudierenden sollen ihr Professionswissen während ihres Studiums erlangen (KMK, 2017, S. 3). Im Rahmen der „Qualitäts Offensive Lehrerbildung“ finden daher an vielen Universitäten Studien zum Professionswissen statt. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Verzahnung zwischen Fachwissenschaft und Fachdidaktik. Dies wird im Projekt der Universität Potsdam (PSI-Potsdam) im Schwerpunkt Professionalisierung untersucht. Hier werden sowohl neue Lehrformate als auch neue Aufgabentypen entwickelt, eingesetzt und evaluiert. Hierfür wurde eine fachübergreifende Konzeptualisierung und Operationalisierung des berufsspezifischen Fachwissens als erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext erstellt (Woehlecke und Massolt, 2017). In diesem Beitrag wird die Konzeption von Aufgaben zum erweiterten Fachwissen sowie deren Einsatz und Evaluation vorgestellt.

### **Konzeption und Einsatz der Aufgaben**

Bei der Konzeption aller Übungsaufgaben wurde darauf geachtet, dass die Aufgaben zur Vermittlung von konzeptionellem und anwendbarem Fachwissen geeignet sind. Hierzu wurden verschiedene Kriterien festgelegt (Hermanns, 2018). Die erstellten Aufgaben wurden in den Übungen zur Vorlesung „Organische Experimentalchemie I“ eingesetzt. Insgesamt wurden zehn Aufgaben im neuen Aufgabenformat eingesetzt und evaluiert. Der Kontext der Aufgaben wurde so gewählt, dass ein Berufsfeldbezug erkennbar sein sollte.

### **Design des Evaluationsinstruments**

Zur Evaluation der neuen Aufgaben wurde eine vierstufige Likert-Skala mit der „forced choice“-Methode verwendet. Folgende Leitfragen sollten beantwortet werden: Ist der Anwendungsbezug (schulischer Kontext) erkennbar? Ordnen die Studierenden die Aufgaben als für sie berufsfeldrelevant ein? Sind die Aufgaben dazu geeignet, erweitertes Fachwissen bei den Studierenden anzubahnen? Zusätzlich wurden in der letzten Übungseinheit offene Fragen gestellt. Der Fragebogen enthält acht Items. Es wurde jeweils eine „übliche“ Aufgabe mit einer Aufgabe zum erweiterten Fachwissen für den schulischen Kontext mit Hilfe des Fragebogens evaluiert (Für die Evaluationsinstrumente: siehe Hermanns, 2018).

### **Ergebnisse der Evaluation**

Die Ergebnisse der Evaluation werden beispielhaft an der Evaluation der Übungseinheit 6 vorgestellt und diskutiert. Hier wurde eine „übliche“ Aufgabe zusammen mit der neuen Aufgabe evaluiert:

„übliche“ Aufgabe:

„Formulieren Sie den Mechanismus (nur Start- und Kettenfortpflanzungsschritte) der Reaktion von 1-Methylcyclopenten mit Bromwasserstoff in Gegenwart eines Peroxids. Welche beiden Produkte sind prinzipiell denkbar? Welches Produkt entsteht bevorzugt (Begründung)?“

*Aufgabe zum erweiterten Fachwissen für den schulischen Kontext:*

„Ein Chemielehrer hat in der Oberstufe folgende Aufgabe gestellt: Formulieren Sie die elektrophile Addition von Bromwasserstoff an 2-Methyl-2-hexen in Einzelschritten. Benennen Sie das entstandene Produkt systematisch nach der IUPAC-Nomenklatur. Nach der Rückgabe der Klausur entsteht Unruhe im Klassenraum. Verschiedene Schülerinnen und Schüler unterhalten sich offensichtlich über die Aufgabe. Der Lehrer fragt nach und erhält von Marie folgende Auskunft: Jan hat als Produkt 2-Brom-2-methylhexan angegeben und hierfür drei Punkte bekommen. Ich habe als Produkt 3-Brom-2-methylhexan angegeben und habe keine Punkte bekommen. Mein Produkt entsteht doch auch bei der elektrophilen Addition! Helfen Sie dem Chemielehrer in dieser Situation. Welchen Fehler hat er in seiner Aufgabenstellung offensichtlich gemacht?“

Die Ergebnisse (Mittelwerte, Standardabweichungen, Effektstärken und Signifikanz) zeigt die folgende Tabelle:

|                                        | Aufgabe<br>Rad.rk. | Aufgabe<br>Chemielehrer | Cohen's d | p     |
|----------------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------|-------|
| Relevanz fachlicher Inhalte            | 2.76 (.863)        | 3.59 (.599)             | 1.117     | 0,000 |
| Relevanz der Art der Aufgabenstellung  | 3.11 (.699)        | 3.51 (.804)             | 0.531     | 0,023 |
| Erkennbarkeit des schulischen Kontexts | 2.76 (.863)        | 3.70 (.618)             | 1.252     | 0,000 |
| Anwendung univ. Fachwissen             | 3.81 (.518)        | 3.76 (.435)             |           |       |
| Anwendung Schulwissen                  | 2.11 (1.149)       | 2.19 (1.076)            |           |       |
| Fachsprache                            | 3.32 (.709)        | 3.30 (.740)             |           |       |
| Kommunikation                          | 2.73 (.871)        | 3.43 (.647)             | 0.866     | 0,000 |
| Sachverhalte erklären                  | 3.14 (.798)        | 3.53 (.560)             | 0.537     | 0,019 |

Tabelle 1: Ergebnisse der Evaluation in Übung 6 (N=37)

### Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen beispielhaft, dass die neu konzipierten Aufgaben von den Lehramtsstudierenden als für sie und ihren späteren Beruf als relevant eingestuft werden. Sowohl die Relevanz des fachlichen Inhalts als auch des Kontextes werden erkannt. Im Vergleich zur Aufgabe im „üblichen“ Format wird die Relevanz des fachlichen Inhalts signifikant höher bewertet. Das ist sicherlich auf die Art der Aufgabe und die Einbettung des fachlichen Inhalts in einen schulischen Kontext zurückzuführen. Die Studierenden werden durch diese Aufgabe dazu animiert, sich in der Partnerarbeit über den fachlichen Inhalt auszutauschen, was die sehr gute Bewertung des Items „Die Aufgabe fördert meine Kommunikationsfähigkeit“ zeigt. Wird die Aufgabe als für sie relevant eingeschätzt, sind die Studierenden offensichtlich eher bereit in die fachliche Diskussion über die Aufgabe zu treten. Sie bewerten daher die Aufgabe auch als geeignet um die Fähigkeit zum Erklären von Sachverhalten zu verbessern. Für beide Aufgaben greifen die Studierenden auf ihr universitäres Fachwissen zurück, wogegen das schulische Wissen ihrer Meinung nach hier nicht benötigt wird. Auffallend ist jedoch die hohe Standardabweichung (ca. 1.1) beim Item „Für die Erarbeitung der Aufgabe greife ich auf mein Schulwissen zurück“. Hier sind

mehrere Erklärungen denkbar; die Studierenden haben in ihrer Schulzeit unterschiedliches Schulwissen erworben und antworten daher stark unterschiedlich oder die Studierenden verstehen nicht dasselbe unter „Schulwissen“. Wenn man Wissen nur dann als vorhanden ansieht, wenn man das Beispiel genauso bearbeitet hat, antwortet man anders, als wenn man unter Schulwissen konzeptuelles Wissen versteht, welches auf neue Aufgaben angewendet werden kann. Beide Aufgabentypen werden als geeignet zum Training des Fachwissens angesehen.

### **Aufgaben für den berufsfeldbezogenen Kontext für Studierende mit Nebenfach Chemie**

Für die Veranstaltung Organische Chemie I für Studierende der Studiengänge Ernährungswissenschaften und Biowissenschaften wurden ebenfalls Aufgaben zum erweiterten Fachwissen konzipiert, eingesetzt und mit demselben Fragebogen evaluiert. Die Ergebnisse zum Einsatz von zwei Aufgaben zeigen, dass der Berufsfeldbezug und dadurch die Relevanz der Aufgaben für den späteren Beruf nicht wahrgenommen wurde. Die gestellte Frage ob Aufgaben zum erweiterten Fachwissen für den beruflichen Kontext eine Möglichkeit bieten um berufsfeldspezifisches Fachwissen für Studierende mit Chemie als Nebenfach anzubahnen, kann daher nur mit „nein“ beantwortet werden. Offene Bemerkungen, wie *„Ich wünschte, ich wüsste meinen späteren Beruf!“* oder *„Kenne meinen späteren Beruf noch nicht“* deuten auch darauf hin, dass die fehlende Berufsvorstellung ein Hemmnis bei der Bearbeitung der Aufgaben darstellt. Die Aufgaben enthielten eine deutliche Aufforderung zur fachlichen Diskussion mit der Partner\_in. Dennoch wurden auch die Items zur Anwendung der Fachsprache, zur Kommunikation und zum Erklären des Sachverhaltes mit Mittelwerten zwischen 2.33 und 2.98 noch im Bereich „trifft nicht zu“ bis „trifft zu“ bewertet und damit deutlich schlechter als die Bewertung der Aufgaben durch die Lehramtsstudierenden. Beobachtungen während der Bearbeitung der Übungsaufgaben zeigten auch, dass fast keine Aktivität auf Seiten der Studierenden zu beobachten war; während der Partnerarbeit fand fast kein Austausch statt. Da auch (und gerade) im Nebenfach die Vermittlung von konzeptionellem, anwendbarem und auf neue Kontexte übertragbarem Fachwissen von großer Bedeutung ist, muss über die Gestaltung von Übungsaufgaben, die hierzu beitragen können, neu nachgedacht werden. Eine andere Art der Kontextualisierung scheint hier auf jeden Fall sinnvoll.

### **Ausblick**

Für die Übungen zur Vorlesung „Organische Experimentalchemie I“ sollen im kommenden Wintersemester weitere Aufgaben zum erweiterten Fachwissen erstellt und eingesetzt werden. Die Evaluation erfolgt mit dem bereits eingesetzten Fragebogen. Zur Konzeption der Aufgaben werden leitfadengestützte Fokusgruppeninterviews mit den Lehramtsstudierenden geführt. Die Vorstellung der Studierenden bezüglich ihres Schulwissens soll ebenfalls näher untersucht werden. Das Modul „Organische Chemie I“ für Studierende mit Chemie als Nebenfach wird insgesamt umstrukturiert. Es wird dabei ein noch größerer Wert auf die Vermittlung übergreifender Konzepte und anwendbaren Fachwissens gelegt. Hierzu werden u.a. neue Aufgaben konzipiert.

### **Förderhinweis**

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1516 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt bei der Autorin.

### Literatur

- Hermanns, J. (2018). Erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext – Konzeption und Evaluation von Aufgaben zur Vorlesung „Organische Experimentalchemie I“, CHEMKON, 25 (2018), online erschienen am 27.8.2018; DOI: 10.1002/ckon.201800024
- Kultusministerkonferenz: *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i.d.F. vom 12.10.2017).* Verfügbar unter [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2008/2008\\_10\\_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf) (letzter Zugriff: 25.07.2018)
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Woehlecke, S\*, Massolt\*, J. et al. (2017): Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext als fachübergreifendes Konstrukt und die Anwendung im universitären Lehramtsstudium. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 35 (3), 413-426

### **Die naturwissenschaftliche Studieneingangsphase: Eine qualitative Längsschnittstudie am Beispiel des Pharmaziestudiums**

#### **Problemskizze**

Eine möglichst reflektierte Studien(wahl)entscheidung zu treffen, wird in Zeiten eines multioptionalen Studienangebots zu einer zunehmenden Herausforderung (Schröder, 2015). In den komplexen Orientierungs- und Entscheidungsprozess fließen unzählige Faktoren ein und es ist kaum verwunderlich, dass es bei den Wählenden zunehmend zu einem Gefühl von Überforderung kommt und sich Orientierungsprobleme zeigen (z.B. Oechsle, 2009). Die Studieneingangsphase dient in diesem Zusammenhang vor allem der individuellen Evaluation der getroffenen Studien(wahl)entscheidung. Sie liegt stets im Spannungsfeld von Studienenerfolg und Studienabbruch, denn werden in dieser ersten Phase Erwartungen enttäuscht oder müssen Vorstellungen durch erste Erfahrungen revidiert werden, kann eine Ungewissheit resultieren, auf die es sich einzustellen gilt (Heublein, 2017). Gelingt dies nicht, kann es zu einer Desillusionierung kommen und ein Studiengangwechsel oder sogar ein Studienabbruch wird langfristig wahrscheinlicher (ebd.). Auch Ergebnisse bisheriger Studienabbruchforschung zeigen, dass möglichst realistische Studienerwartungen und die Studienwahlmotive als Eingangsvoraussetzungen für ein Studium eine wichtige Rolle spielen (z.B. Hansenberg & Schmidt-Atzert, 2013). Die Betrachtung fachspezifischer Motive und Erwartungen bereits zu Beginn des Studiums und einer längsschnittlichen Begleitung Studierender während der Studieneingangsphase kann daher die bereits bestehende Studienabbruchforschung ergänzen (Sarletti & Müller, 2011). So können wichtige Erkenntnisse aus der individuellen Perspektive gewonnen werden, um einem potentiellen fachspezifischen Studienabbruch zielgerichtet entgegen wirken zu können.

Um diese geforderte fachspezifische Betrachtung zu ermöglichen, wurde das Pharmaziestudium als Beispiel eines naturwissenschaftlichen Studiums ausgewählt – denkbar wären jedoch gleichermaßen auch alle anderen naturwissenschaftlichen Fächer gewesen. Das Pharmaziestudium bietet sich an, da es alle Naturwissenschaften in sich vereint. Zudem wird es durch kein Schulfach vollständig abgebildet und so kann davon ausgegangen werden, dass Vorstellungen zum Studiengang nicht aus Erfahrungen in der Schulzeit resultieren. Hinzu kommt ergänzend, dass mit dem Studium ein vermeintlich klares Berufsbild (ApothekerIn / PharmazeutIn) einhergeht.

Vor dem Hintergrund der eingangs beschriebenen Problemsituation richtet sich das Erkenntnisinteresse auf folgende Fragestellungen:

- Welche Motive liegen der Studien(wahl)entscheidung zugunsten des Pharmaziestudiums zugrunde?
- Mit welchen Erwartungen zum Studium der „Pharmazie“ und Vorstellungen zum Berufsbild des/der „PharmazeutIn“ starten die Studierenden in den Studiengang?
- Inwieweit stimmen die Erwartungen zum Studium mit der erlebten Realität überein und lassen sich die Studienwahlmotive mit dieser vereinen?
- Ist die getroffene Studien(wahl)entscheidung tragfähig und stabil? Wenn Nein: Was hat zu einer signifikanten Veränderung und eventuell zu einer Revision der getroffenen Entscheidung geführt?

### Forschungsdesign und Methoden

Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurde eine qualitative Längsschnittstudie angelegt. Hierzu wurden 14 Studierende kurz vor dem Beginn ihres Studiums mittels problemzentrierter Interviews (Witzel, 1982) befragt und relevante soziodemographische Daten (Abiturnote, Leistungskursfächer, Bildungshintergrund der Eltern, etc.) durch einen biographischen Kurzfragebogen ermittelt. In Erhebungswellen nach dem ersten, zweiten und dritten Semester wurde die Befragung mithilfe von episodischen Interviews (Flick, 1995) fortgesetzt. Die Auswertung des Materials orientierte sich zunächst an der inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2016). Zur Beantwortung der Frage nach den Studienwahlmotiven bot das Datenmaterial darüber hinaus eine Typenbildung an, so dass sich eine typenbildende Inhaltsanalyse (ebd.) anschloss. Im Sinne einer Daten-Triangulation (Flick, 2011) wurde die Perspektive der Studierenden durch weitere Datenquellen ergänzt. Hierzu wurden ein/e VertreterIn der Lehre, der Studienberatung und der höheren Semester mittels Leitfadeninterviews befragt. Die Perspektive von StudienabbrecherInnen und StudiengangwechslerInnen wurde abschließend mit einem Online-Fragebogen erhoben. Der Schwerpunkt des Erkenntnisinteresses liegt jedoch deutlich auf der Perspektive der Studierenden.

### Bisherige Ergebnisse

#### „Motive“

Die Auswertung des Interviewmaterials zum ersten Erhebungszeitpunkt zeigt, dass vor allem folgende Motive der Studien(wahl)entscheidung zugunsten des Pharmaziestudiums zugrunde liegen: Interesse an Naturwissenschaften (mit unterschiedlich ausgeprägter Schwerpunktsetzung), Menschen helfen zu wollen, Ansehen und Prestige des Studiums und des Berufs, die Arbeit in einem Labor, die positiven Berufsaussichten/-chancen, eine familiäre Prägung, persönliche Weiterbildung/-entwicklung, eine Alternative zum Medizinstudium, der Beruf „PharmazeutIn“ und schlicht und ergreifend *„der Beste [Studiengang] zum Sommersemester“*. Bei weiterer Betrachtung dieser Motive fällt auf, dass sie sich sowohl in der Exklusivität der Studienwahl als auch in der Dominanz des Sachinteresses bzw. der Berufsperspektive unterscheiden lassen. In der Folge konnten insgesamt fünf Typen bzgl. der Studienwahlmotivation herausgearbeitet werden (s. Tab. 1):

#### Motivlage

| Exklusivität der Studienwahl | Dominanz des Sachinteresses                 | Dominanz der Berufsperspektive     |
|------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|
| Alternativlos                | Der/die naturwissenschaftliche PharmazeutIn | Der/die passionierte PharmazeutIn  |
| Zweitwahl                    | Der/die gescheiterte MedizinerIn            | Der/die bewusste Nicht-MedizinerIn |
| Nachrangig                   | Der/die suchende NaturwissenschaftlerIn     |                                    |

Tab. 1 – Darstellung der aus dem Material gebildeten Studienwahlmotiv-Typen (nach Kelle & Kluge, 2010 in Bezug auf das Pharmaziestudium).

### „Erwartungen“

Während sich die Studierenden darüber einig sind, dass das gewählte Pharmaziestudium „anstrengend“ und „schwer“ wird und man sich „durchkämpfen“ muss, sind die darüber hinausgehenden Erwartungen bezüglich des Studiums sehr individuell und bislang lässt sich kein Zusammenhang mit den gebildeten Studienwahlmotiv-Typen erkennen. Die Vorstellungen sind im Großen und Ganzen jedoch auffällig indifferent und allgemein. Dies zeigt sich z.B. in Aussagen bezüglich der inhaltlichen Ausgestaltung des Studiums: *„Ich habe es mir angesehen, ganz viel Chemie! Chemie, Chemie, Chemie, ein bisschen Physik, dann Mathe, viel Mathe, dann wieder Chemie“*. Zudem ergeben sich entgegen der Vorannahmen auch Vorstellungen zum Pharmaziestudium, indem schulische Erfahrungen aus anderen Fächern auf die Pharmazie übertragen werden: *„Mmh, also, ich stelle es mir eigentlich vor, dass es, wie Chemieunterricht ist, einfach in Chemie weitergeht und dann halt auch viele Sachen auch wiederholt und vertieft [werden], die wir schon hatten und dann halt auch in den restlichen Naturwissenschaften ziemlich viel noch wiederholt und neu gelernt wird.“*

Im weiteren Verlauf des Studiums zeigt sich insgesamt, dass vor allem „die/der naturwissenschaftliche PharmazeutIn“, die/der sich durch hohes Sachinteresse und eine alternativlose Studienwahl auszeichnet, in der Studieneingangsphase am erfolgreichsten zu sein scheint. Eine endgültige Auswertung der Daten ist derzeit in Arbeit.

### Ausblick

Das sich aus der längsschnittlichen Betrachtung der Studieneingangsphase ergebende Wissen kann genutzt werden, um zukünftig die fachspezifische Studienberatung und entsprechende Informationsquellen aber auch die Angebote innerhalb der Studieneingangsphase des Pharmaziestudiums zu reflektieren und gegebenenfalls anzupassen. Ob die gefundenen Studienwahlmotiv-Typen generalisierbar sind oder ergänzt werden müssen, sollte in einer quantitativ angelegten Studie überprüft werden. Ein darüber hinaus gehender, aber zugegeben sehr gewagter Ausblick wäre auch eine denkbare Übertragung der hier ermittelten Ergebnisse auf ein anderes Studienfach mit vergleichbaren Voraussetzungen (naturwissenschaftlich, klares Berufsbild) - z.B. das Lehramtsstudium. Eventuell lassen sich ähnliche Studienwahlmotiv-Typen wie in Tab. 1 auch bei Lehramtsstudierenden der Naturwissenschaften abbilden (s. Tab. 2). Diese Hypothese müsste jedoch umfassend überprüft werden.

### Motivlage

| Exklusivität der Studienwahl | Dominanz des Sachinteresses                                    | Dominanz der Berufsperspektive                                   |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Alternativlos                | <i>Der/die naturwissenschaftliche LehrerIn</i>                 | <i>Der/die passionierte LehrerIn</i>                             |
| Zweitwahl                    | <i>Der/die gescheiterte ChemikerIn / BiologIn / PhysikerIn</i> | <i>Der/die bewusste Nicht-ChemikerIn / BiologIn / PhysikerIn</i> |
| Nachrangig                   | <i>Der/die suchende NaturwissenschaftlerIn</i>                 |                                                                  |

Tab. 2 – **Rein hypothetisches** Ergebnis einer Typenbildung (Kelle & Kluge, 2010) zu Studienwahlmotiven in Bezug auf das naturwissenschaftliche Lehramtsstudium.



### Literatur

- Flick, U. (1995). Psychologie des technisierten Alltags. Soziale Konstruktion und Repräsentation technischen Wandels in verschiedenen kulturellen Kontexten. Opladen: Westdeutscher Verlag. S. 147-165.
- Flick, U. (2011). Triangulation – Eine Einführung. 3. aktualisierte Auflage. Reihe: Qualitative Sozialforschung. Band 12. Verlag für Sozialwissenschaft: Wiesbaden. S. 13.
- Hansenberg, S. & Schmidt-Atzert, L. (2013). Die Rolle von Erwartungen zu Studienbeginn: Wie bedeutsam sind realistische Erwartungen über Studieninhalte und Studienaufbau für die Studienzufriedenheit? Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 27 (1-2). S. 87-93.
- Heublein, U. et al. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. Forum Hochschule 1/2017. Hannover. S. 134.
- Kelle, U. & Kluge, S. (2010). Vom Einzelfall zum Typus: Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung. 2. überarbeitete Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 3. überarbeitete Auflage. Weinheim. Basel: Beltz Juventa. S. 97-120 & S. 143-161.
- Oechsle, M. et al. (2009). Abitur und was dann? Berufsorientierung und Lebensplanung junger Frauen und Männer und der Einfluss von Schule und Eltern. VS Verlag für Sozialwissenschaften. GWV Fachverlage GmbH: Wiesbaden.
- Saracetti, A. & Müller, S. (2011). Zum Stand der Studienabbruchforschung. Theoretische Perspektiven, zentrale Ergebnisse und methodische Anforderungen an künftige Studien. Zeitschrift für Bildungsforschung. S. 235 -248.
- Schröder, M. (2015). Studienwahl unter den Folgen einer radikalen Differenzierung. Verlag Julius Klinkhardt: Bad Heilbrunn.
- Witzel, A. (1985). Das problemzentrierte Interview. In Jüttemann, G. (Hrsg.). Qualitative Forschung in der Psychologie. Grundfragen, Verfahrensweisen, Anwendungsfelder .Weinheim. Basel: Beltz. S. 227–255.

## **Perspektiven von Studierenden auf Schwierigkeiten beim Experimentieren**

Angehende Physiklehrkräfte sollten in der Lage sein, erwartbare Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Experimenten vorherzusagen und im Prozess zu diagnostizieren. Vielfach gelingt dies nur unzureichend (Kurth & Wodzinski, 2018). Eine mögliche Ursache ist ein unterschiedliches Verständnis davon, was eine Schwierigkeit beim Experimentieren ausmacht. Mittels qualitativer Inhaltsanalyse konnten entsprechend verschiedene Perspektiven auf Schwierigkeiten herausgearbeitet werden. Die gewonnenen Ergebnisse sollen auf lange Sicht zur Förderung der Diagnosekompetenz genutzt werden.

### **Theoretischer Hintergrund**

Sowohl in der Literatur (Jung et al., 1977; Wiesner, 1992; Wodzinski, 2006; Müller, 2003; Hopf, 2007) als auch im unterrichtlichen Sprachgebrauch werden die Begriffe Lernschwierigkeiten, Fehler, Probleme, Stolpersteine und Hürden nicht trennscharf verwendet. In Anlehnung an Kechel (2016) liegt für das hier beschriebene Projekt eine Schwierigkeit dann vor, wenn Lernende einen für das erfolgreiche Bearbeiten des Experimentes erforderlichen Schritt nicht, in unbefriedigendem Maße oder nur mit großer Mühe durchführen. Hohe Diagnosekompetenz ist vorhanden, wenn Schwierigkeiten und Anforderungen einer Aufgabe erkannt, potentielle Ursachen von zu schweren oder leichten Aufgaben identifiziert und mögliche Fehlvorstellungen benannt werden können (vgl. Brunner et al., 2011; Abs, 2007; Schwarz et al., 2008).

### **Forschungsfrage und Design**

Die hier vorgestellte Untersuchung knüpft an die Ergebnisse von Kechel (2016) und Draude (2016) an. In einer Voruntersuchung konnte bereits gezeigt werden, dass Studierende zu gegebenem Aufgabenmaterial ähnlich viele Schwierigkeiten diagnostizieren wie die Lehrkräfte in der Untersuchung von Draude (Kurth & Wodzinski, 2018). Dieses Ergebnis unterstreicht die Bedeutung einer frühzeitigen Förderung der Diagnosekompetenz im Rahmen der universitären Ausbildung. Voraussetzung für die Förderung von Diagnosekompetenz ist, Ursachen einer ge- bzw. misslungenen Diagnose besser zu verstehen. Dem geht die hier vorgestellte Untersuchung nach.

Fachliche Defizite, welche das tiefere Verständnis der Aufgabe und des Lösungswegs behindern, sind eine mögliche Ursache für misslungene Diagnosen. Des Weiteren könnten unterschiedliche Verständnisse davon, was eine Schwierigkeit ausmacht, die Diagnose beeinflussen. Im Rahmen dieses Beitrags liegt der Fokus auf dem zweiten Aspekt.

### **Untersuchungsdesign**

Der Untersuchung liegt ein leitfadengestütztes Interview zugrunde, welches aus fünf Phasen besteht (Kurth & Wodzinski, 2017). In der ersten Phase machen sich die Studierenden mit dem Experimentierauftrag zum Hooke'schen Gesetz (analog zu Kechel (2016) und Draude (2016)) vertraut. In der zweiten Phase diagnostizieren die Studierenden mögliche Schülerschwierigkeiten. Um fachliche Defizite der Studierenden zu erheben, bearbeiten diese den Versuchsauftrag in der dritten Phase selbst. In der vierten Phase haben die Studierenden die Möglichkeit, ihre Diagnose nochmals zu überarbeiten.

In der letzten Interviewphase analysieren die Studierenden Textvignetten, in denen Schülerhandlungen aus der Untersuchung von Kechel beschrieben werden. Die Studierenden

beurteilen jeweils, ob eine Schwierigkeit vorliegt oder nicht. (Im Folgenden wird nur über diese Phase berichtet.)

Es wurden insgesamt 16 Studierende nach diesem Schema befragt.

### Ergebnisse

Mittels strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) wurden aus Transkripten zu Phase 5 des Interviews (Begründungen für die Einordnung einer Vignette als Situation mit oder ohne Schwierigkeit) typische Perspektiven, welche die Studierenden bei ihren Argumentationen einnehmen, induktiv herausgearbeitet.

Insgesamt konnten acht Perspektiven unterschieden werden:

| Perspektive                             | Die Schülerinnen und Schüler haben in der Situation ...                                                                                                                |                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         | ... eine Schwierigkeit, ...                                                                                                                                            | ... keine Schwierigkeit, ...                                                                                                                               |
| <b>Ergebnis-orientiert</b>              | weil Zwischen- oder Endergebnisse durch die beschriebene Handlung negativ beeinflusst werden.                                                                          | weil Zwischen- oder Endergebnisse durch die beschriebene Handlung nicht negativ beeinflusst werden.                                                        |
| <b>Prozess-orientiert</b>               | weil der Experimentierprozess durch die beschriebene Handlung erschwert wird oder zum Erliegen kommt.                                                                  | weil der Experimentierprozess trotz oder wegen der beschriebenen Handlung fortgesetzt werden kann.                                                         |
| <b>Verständnis-orientiert</b>           | weil in der Handlung deutlich wird, dass die SuS physikalische Kenntnisse oder Fertigkeiten nicht beherrschen und/oder diese durch die Handlung nicht erlernen können. | weil in der Handlung deutlich wird, dass die SuS physikalische Kenntnisse oder Fertigkeiten beherrschen und/oder diese durch die Handlung erlernen können. |
| <b>Auftrags-orientiert</b>              | weil ein Teil des Versuchsauftrags nicht erfüllt wird.                                                                                                                 | weil die Handlung zur Erfüllung des Versuchsauftrags (nicht) nötig ist.                                                                                    |
| <b>Selbstwahrnehmung-orientiert</b>     | weil die SuS einen Fehler nicht selbst erkennen können.                                                                                                                | weil die SuS einen Fehler selbst erkennen können.                                                                                                          |
| <b>Klassenstufen-orientiert</b>         | weil die Handlung für die Klassenstufe nicht ausreichend ist.                                                                                                          | weil die Handlung für die Klassenstufe ausreichend ist.                                                                                                    |
| <b>Physikalisch-normativ orientiert</b> | weil die Handlung nicht den Maßstäben „guten“ physikalischen/naturwissenschaftlichen Arbeitens entspricht.                                                             | weil die Handlung den Maßstäben „guten“ physikalischen/naturwissenschaftlichen Arbeitens entspricht.                                                       |
| <b>Unterrichts-orientiert</b>           | weil die Handlung sich negativ auf den weiteren Physikunterricht auswirkt.                                                                                             | weil die Handlung keine negativen Auswirkungen auf den weiteren Physikunterricht hat.                                                                      |

Für den Vergleich der 16 Studierenden wurden 20 (von insgesamt 31) Vignetten verwendet, die von allen Studierenden analysiert wurden.

Abbildung 1 zeigt die Häufigkeiten der verschiedenen Perspektiven pro Interview. Da bei der Zuordnung einer Vignette zum Teil mehrere Perspektiven verwendet wurden, variiert die Anzahl der Gesamtkodierungen pro Interview. Es fällt auf, dass bei einigen Studierenden (z.B. 2,6,8,11 oder 16) die Kodierungen „Ursachenbeschreibung“ oder „keine Ursache, keine Beschreibung“ vermehrt vergeben wurden. In diesen Fällen haben die Studierenden lediglich beschrieben, wie es zu der dargestellten Handlung gekommen sein könnte oder es

wurde lediglich der Inhalt der Textvignette nochmals in eigenen Worten wiedergegeben, ohne eine Begründung für die Einordnung als (keine) Schwierigkeit zu geben.

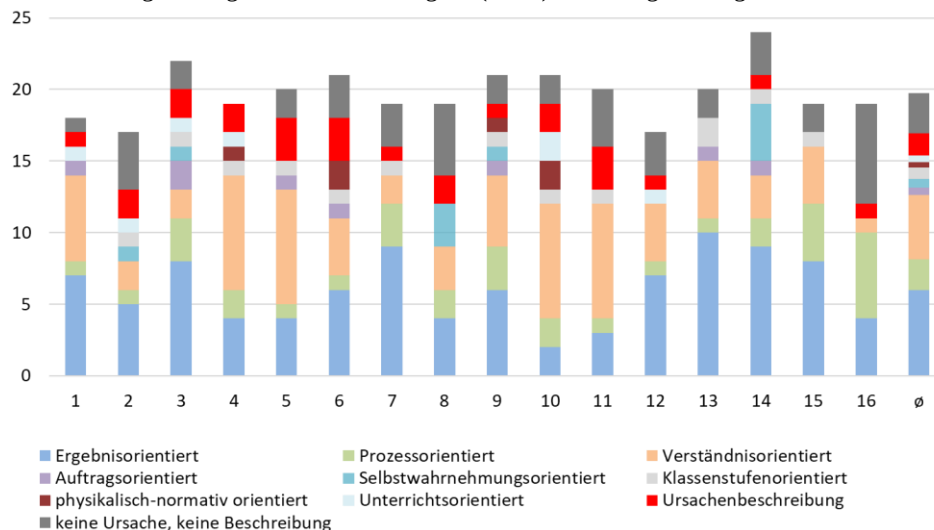


Abb. 1: Anzahl Kodierungen (vertikale Achse) in den Interviews (horizontale Achse).

Aus der dargestellten Verteilung lassen sich folgende Ergebnisse ableiten:

- Im Durchschnitt nehmen die Studierenden hauptsächlich die ergebnis- und die verständnisorientierte Sichtweise ein. Die prozessorientierte Sichtweise wird zumindest einmal von jedem Studierenden eingenommen.
- Die Studierenden nehmen entweder vermehrt die ergebnis- oder die verständnisorientierte Perspektive ein (z.B. Studierende 7,10 oder 11). Ein ausgeglichenes Verhältnis zeigt sich nur sehr selten (z.B. Studierender 1).
- Die Studierenden nehmen nur vereinzelt und in geringem Umfang die auftragsorientierte Perspektive ein. Dies ist insofern überraschend, als dass bei vielen Vignetten eine Begründung aus dieser Perspektive naheliegt. Beispielsweise wurde bei der Einordnung der Vignette „Die SuS wollen aus dem vorhandenen Material eine Balkenwaage bauen“ lediglich von einem Studierenden darauf Bezug genommen, dass im Auftrag explizit zur Verwendung des Hooke’schen Gesetzes aufgefordert wird.
- Die Studierenden berücksichtigen in ihren Begründungen nur vereinzelt, inwiefern es den Schülerinnen und Schülern gelingen wird, ein Problem oder einen Fehler selbst zu erkennen und eventuell zu überwinden (Selbstwahrnehmungsorientierung). Lediglich fünf Studierende nehmen diese Perspektive mindestens einmal ein.

### Ausblick

Der Frage, inwiefern die studentischen Perspektiven auf Schwierigkeiten mit der Fähigkeit, Schwierigkeiten zu diagnostizieren, zusammenhängen, soll mittels Einzelfallanalysen nachgegangen werden. Das gleiche Interviewdesign soll bei zwei weiteren Experimenten eingesetzt werden. Langfristig können die Ergebnisse genutzt werden, Möglichkeiten zur Förderung der Diagnosekompetenz von Studierenden zu entwickeln.

### Literatur

- Abs, H. J. (2007). Überlegungen zur Modellierung diagnostischer Kompetenz bei Lehrerinnen und Lehrern. In M. Lüders (Hg.), *Forschung zur Lehrerbildung. Kompetenzentwicklung und Programmevaluation*. Münster: Waxmann, 63–84
- Brunner, M., Anders, Y., Hachfeld, A., & Krauss, S. (2011). Diagnostische Fähigkeiten von Mathematiklehrkräften. In *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster [u.a.]: Waxmann, 215–234
- Draude, M. (2016): Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 212). Berlin: Logos
- Hopf, M. (2007). Problemorientierte Schülerexperimente (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 68). Berlin: Logos
- Jung, W., Reul, H. & Schwedes, H. (1977). Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6 (Beiträge zur Methodik und Didaktik der Physik, 1. Aufl.). Frankfurt a.M., Berlin, München: Diesterweg.
- Kechel, J.-H. (2016): Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 214). Berlin: Logos
- Kurth, C., & Wodzinski, R. (2018). Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten zu diagnostizieren. Erste Ergebnisse am Beispiel des Hooke'schen Gesetzes. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 920). Universität Regensburg
- Kurth, C., & Wodzinski, R. (2017). Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten zu diagnostizieren. In *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*
- Mayring, P. *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (11. Aufl.). Weinheim: Beltz
- Müller, A. (2003). Fehlertypen und Fehlerquellen beim Physiklernen. Was weiß die Denkpsychologie? *Praxis der Naturwissenschaften Physik in der Schule*, 52 (1), 11–17
- Praetorius, A.-K., Lipowsky, F., Karst, K., Lazarides, R., & Ittel, A. (2012): Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. Aktueller Forschungsstand, unterrichtspraktische Umsetzbarkeit und Bedeutung für den Unterricht. In R. Lazarides und A. Ittel (Hg.): *Differenzierung im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Implikationen für Theorie und Praxis*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 115–146
- Schwarz, B., Wissmach, B., & Kaiser, G. (2008). "Last curves not quite correct": diagnostic competences of future teachers with regard to modelling and graphical representations. In *ZDM: the international journal on mathematics education* 40 (5), 777–790.
- Wiesner, H. (1992). Lernschwierigkeiten von Schülern im Physikunterricht unter besonderer Berücksichtigung des Unterrichts über Optik, Mechanik und Quantenphysik. Habilitationsschrift zur Erlangung der Lehrbefugnis (venia legendi) im Fach Didaktik der Physik an der Pädagogischen Hochschule Halle-Köthen. Frankfurt a. M
- Wodzinski, R. (2006). Lernschwierigkeiten erkennen - verständnisvolles Lernen fördern. Modulbeschreibungen des Programmes SINUS-Transfer Grundschule. Kiel: IPN

## Strömungsmuster für Ausstellungen didaktisch rekonstruieren

Das Projekt wird durch die Deutsche Bundestiftung Umwelt DBU finanziert und ist im Promotionsprogramm GINT (<https://uol.de/gint/>) angesiedelt. Es verfolgt das Ziel, didaktische Leitlinien zu formulieren, die Ausstellungsmachern u.a. in Nationalparkhäusern des Niedersächsischen Wattenmeeres helfen, Strukturbildungs- und Strömungsphänomene im Kontext der Küsten- und Meeresregion zu thematisieren. Die Leitlinien werden mittels einer Didaktischen Rekonstruktion entwickelt und leisten neben der Planung, dem Bau und der Gestaltung von Exponaten den fachdidaktischen Anteil zur Genese von Ausstellungen

### Vorstudien

Mittels Experteninterviews (Bogner, Littich & Menz, 2005) sind die Bildungsverantwortlichen an Lernstandorten befragt worden, inwieweit sie die physikalischen Besonderheiten und Phänomene der Küsten- und Meeresregionen thematisieren und wie sie entsprechende Exponate entwickeln (Bliesmer, 2016; Roskam, 2016). Die Befragung hat eine Dominanz der biologischen Perspektive in den Ausstellungen gezeigt. Die physikalische Perspektive hingegen ist unterrepräsentiert, da es an physikalischen Erklärungen und Modellen mangelt. Das gilt vor allem für die Dynamik in der unbelebten Natur, die durch vielgestaltige Strömungs- und Strukturbildungsphänomene gekennzeichnet ist. Ferner ist deutlich geworden, dass fachdidaktische Beteiligung an der Entwicklung von Exponaten selten ist und neue Ausstellungsexponate vornehmlich in der Kooperation mit Werkstätten und Werbeagenturen entstehen, wobei gelegentlich Fachwissenschaftler/innen eingebunden sind.

### Didaktische Leitlinien

Die Ergebnisse der Vorstudien motivieren einen fachdidaktischen Beitrag zur Entwicklung von Exponaten, der die bereits vorhandenen handwerklichen und gestalterischen Kompetenzen von Werkstätten und Werbeagenturen komplementär ergänzt. Fachdidaktische Kompetenz fließt auf zwei Ebenen ein: Auf einer konkreten Ebene wird das bisher unterbeleuchtete Themenfeld der Strömungsmuster für Ausstellungssituationen fachlich-fachdidaktisch aufgearbeitet. Zusätzlich wird den Ausstellungsmachern auf einer Metaebene verdeutlicht, wie der Prozess dieser Aufbereitung ablaufen kann, um sie zu befähigen, weitere Aufarbeitungen selbst durchzuführen.

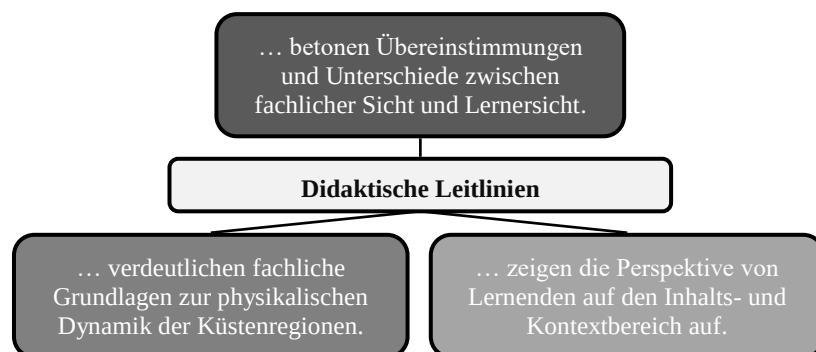


Abb.1. Die Facetten der Didaktischen Leitlinien illustrieren das fachdidaktische Prinzip, Fach- und Lernendenperspektiven systematisch aufeinander zu beziehen.

### Didaktische Rekonstruktion

Das im Projekt zugrundeliegende fachdidaktische Modell ist die Didaktische Rekonstruktion (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek & Parchmann, 2012). In der folgenden Abbildung ist das Modell bildhaft in Form von drei verknüpften Aufgabenbereichen dargestellt, die es zu bearbeiten gilt.

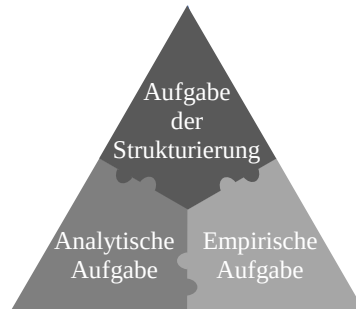


Abb. 2. System der Aufgaben im Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012)

Nachfolgend werden insbesondere die Arbeiten im analytischen und im empirischen Aufgabenbereich dargestellt, Aufgaben der Strukturierung folgen in der späteren Projektphase, in der didaktische Leitlinien explizit formuliert werden.

#### Analytische Aufgabe

Die physikalische Dynamik der Küsten- und Meeresregionen drückt sich vornehmlich in Form von Strömungs- und Strukturbildungsphänomenen aus, für die eine Elementarisierung (Bleichroth, 1991) vorzunehmen ist. Zu den Phänomenen gehören Wellen, Dünen, Tsunamis, Gezeiten, Sandrippel und auch globale Strömungssysteme. Im Rahmen der analytischen Aufgabe werden die fachlichen Grundideen der Phänomene herausgearbeitet. Hierzu wird Fachliteratur aus dem Bereich der Thermodynamik, der Kontinuumsmechanik und der Theorie komplexer Systeme analysiert (u. a. Blundell & Blundell, 2010; Durst, 2006; Spurk & Aksel, 2010; Wilde, 1978; Bar-Yam, 2003; Mainzer, 1999; Schurz, 2006).

#### Grundidee I: Ausgleichsprozesse führen zu Strömungen

Kommt es in einem Fluid zu Temperatur- und Konzentrationsgradienten, dann resultiert durch die Molekularbewegung ein Transport von Wärme bzw. Stoffmenge. Werden die Gradienten größer oder wirken gar äußere Kräfte – letztere führen zu Impulsdichtegradienten – dann ist der Molekularbewegung eine makroskopische Bewegung, eine Strömung (Konvektion), überlagert. Zur molekularen treten konvektive Transportprozesse hinzu. Beide rufen mit der Zeit eine Verringerung der sie erzeugenden Gradienten hervor, bis sie im thermodynamischen Gleichgewicht vollständig verschwinden. Transport und Ausgleich treten auf, weil das Gleichgewicht der wahrscheinlichste Zustand ist, denn auf der Mikroebene gibt es schlicht mehr Möglichkeiten, einen ausgeglichenen als einen unausgeglichenen Makrozustand zu realisieren. Die Entropie als Maß hierfür nimmt also in Richtung des ausgeglichenen Zustands zu, wodurch Strömungen als Ausgleichsprozesse interpretiert werden.

#### Grundidee II: Selbstorganisationsprozesse führen zu Strukturbildungen

Die strömenden Wasser- und Luftmassen wechselwirken im offenen System der Erde äußerst komplex miteinander und mit weiterer Materie, z. B. mit Sand. Der Prozess des Ausgleichens erfolgt daher nicht linear und es treten Kreisläufe, Verzweigungen und Rückkopplungen auf. Am Beispiel von Sandrippeln im Wasser lässt sich das sehr gut verdeutlichen: Auch wenn noch keine Strukturen zu erkennen sind, ist der Sand wegen statistischer Zufälligkeiten nicht

gleichmäßig verteilt. An einem Ort mit zeitweilig hoher Sandkorndichte oder leichten Sanderhöhungen kommt es beim Durchströmen von Wasser durch die vermehrten Stöße zu einer höheren Dissipation als an Orten mit weniger Sandkörnern. Folglich ist die durchschnittliche Bewegungsenergie von Sandkörnern an Orten mit mehr Körnern geringer als an Orten mit wenigen Körnern. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich Sandkörner von bereits entstandenen Anhäufungen entfernen, ist geringer als der umgekehrte Fall. Das begründet eine positive Rückkopplung, eine Selbstverstärkung bzw. Anhäufung von Sand: die Rippel entstehen. Jedoch wachsen diese nicht beliebig stark. Ab einer bestimmten Steilheit rollen die Körner von den Rippeln hinunter. Diese negative Rückkopplung hemmt die Anhäufung. Das Wechselspiel positiver und negativer Rückkopplungen schachtelt metastabile Zustände ein (Schlichting & Nordmeier 1996), sodass statistische Zufälligkeiten in einem generellen Ausgleichsszenario als Keime der Strukturbildung fungieren. Dieses Wechselspiel wird als Selbstorganisationsprozess interpretiert.

### **Empirische Aufgabe**

Die Perspektive der Lernenden auf Strömungs- und Strukturbildungsphänomene im Kontext der Küsten- und Meeresregion ist empirisch zu erheben. Entsprechende Erhebungen werden mit Jugendlichen, Erwachsenen und Senioren durchgeführt. Folgende Forschungsfragen gilt es zu beantworten:

- Was assoziieren Lernende mit der Küsten- und Meeresregion?
- Welche Begriffe zu Strömungen und Strukturbildungen bilden sie?
- Wie entschlüsseln sie Strömungs- und Strukturbildungsphänomene?

#### *Assoziationen mit der Küsten- und Meeresregion*

Assoziationen werden mit einem Kurzfragebogen erfasst. Nach aktuellem Stand der Auswertung, verbinden die meisten Probanden die Küsten- und Meeresregionen mit hoher Dynamik. Strömungen von Luft und Wasser werden daher übermäßig häufig genannt. Daneben dominieren Beschreibungen von typischen Gerüchen und Lauten sowie Aspekte des Klimawandels und der Energie(gewinnung).

#### *Begriffsbildungen von Strömungen und Strukturbildungen*

Um Begriffsbildungen (Edelmann & Wittmann, 2012) nachzuzeichnen, wird ein leitfadengestütztes Interview geführt. Dort zeigt sich, dass Probanden Strömungen nicht nur als Bewegung von Luft und Wasser begreifen. Auch andere Bewegungen, die kollektiv von mehreren Teilen ausgeführt werden, z. B. die Bewegung von Haaren, gehören für sie dazu. Als Strukturbildungen kennzeichnen die Lernenden sowohl bestimmte natürliche und künstliche Muster als auch zeitlich wiederkehrende, regelmäßige Tätigkeiten und Abläufe.

#### *Entschlüsselungen von Strömungs- und Strukturbildungsphänomenen*

In einem zweiten Interview werden zusammen mit den Probanden zwei Versuche durchgeführt und die POE-Methode (White & Gunstone, 1992; Liew & Treagust, 1998) eingesetzt. Als Strömungsversuch wird in einem mit Wasser befüllten Glaskasten eine Konvektionszelle erzeugt. Wenngleich die Lernenden das Auftreten lediglich unscharf mit der Masse warmen und kalten Wassers erklären, nutzen sie in ihrer Argumentation das Prinzip des Ausgleichs. Tiefergehende Erklärungen, z. B. hinsichtlich der Entropie, erfolgen jedoch nicht. Beim zweiten Versuch wird ein Strukturphänomen generiert, in dem eine mit Wasser und Sand befüllte Schale ruckartig hin- und herbewegt wird. Die Erklärungen der Probanden sind hier häufig Reformulierungen ihrer Beobachtungen, die durch Fachbegriffe (z. B. mechanische Kräfte) ergänzt werden. Auch sind Animismen zu finden: so entscheide sich die Oberfläche nach Meinung mancher, in welche Richtung sie sich zur Bildung der Struktur bewege. Prinzipien, die an eine Selbstorganisation angelehnt sind, werden nicht genannt.



## Literatur

- Bar-Yam, Y. (2003). *Dynamics of Complex Systems*. Boulder: Westwing Press.
- Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik*, 39, 4-11.
- Bliesmer, K. (2016). *Fachdidaktische Analyse von Bildungsangeboten norddeutscher Meeresforschungsinstitute*. Masterarbeit: Universität Oldenburg.
- Bogner, A., Littich, B. & Menz, W. (2005). *Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Blundell, S. J. & Blundell, K. M. (2010). *Concepts in Thermal Physics*. Oxford: University Press.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and learning Science. In: D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective* (S. 13-37). Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers.
- Durst, F. (2006). *Grundlagen der Strömungsmechanik: eine Einführung in die Theorie der Strömung von Fluiden*. Berlin,
- Edelmann, W. & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz.
- Liew, C.-W. & Treagust, D. F. (1998). *The Effectiveness of Predict-Observe-Explain Tasks in Diagnosing Students' Understanding of Science and in Identifying Their Levels of Achievement*. Meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA: 13.-17. April 1998. Online verfügbar unter: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED420715.pdf> [Zugriff: 11.06.2018].
- Mainzer, K. (1999). *Komplexe Systeme und Nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Roskam, A. (2016). *Fachdidaktische Analyse außerschulischer Repräsentationen der (geo-)physikalischen Dynamik im Wattenmeer und an der Küste*. Masterarbeit: Universität Oldenburg.
- Schlichting, H. J. & Nordmeier, V. (1996). Strukturen im Sand. Kollektives Verhalten und Selbstorganisation bei Granulaten. *MNU*, 49 (6), 323-332.
- Schurz, J. (2006). *Systemdenken in der Naturwissenschaft. Von der Thermodynamik zur Allgemeinen Systemtheorie*. Heidelberg: Carl-Auer-Verlag.
- Spurk, J. & Aksel, N. (2010). *Strömungslehre. Einführung in die Theorie der Strömungen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- White, R. & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. London: Routledge.
- Wilde, K. (1978). *Wärme- und Stoffübergang in Strömungen*. Darmstadt: Steinkopff.

Thomas Zügge  
Johannes Grebe-Ellis  
Oliver Passon

Bergische Universität Wuppertal  
Bergische Universität Wuppertal  
Bergische Universität Wuppertal

## Entwicklungssensibilität als Perspektive der Elementarisierung

### Zur Motivation einer weiteren Perspektive für die Elementarisierung

Mit der Aufnahme der Elementarteilchenphysik in die Kernlehrpläne mehrerer Bundesländer entstand der Anlass, die für den Unterricht wesentlichen Inhalte des Fachgebiets zu definieren und angemessene didaktische Rekonstruktionen für den Unterricht zu entwickeln. Ansätze dazu liegen bereits vor (z.B. Schiek, 2015; Mikelskis-Seifert, 2009; Schanz & Stimm, 1994). Eine fachdidaktisch begründete Position zu der Frage zu entwickeln, welcher Bildungswert der Elementarteilchenphysik in der Schule zugeschrieben werden kann, ist auch das Anliegen des Wuppertaler QLB-Projekts „Elementarteilchenphysik kompetent und spannend unterrichten“.

Zur Didaktischen Rekonstruktion lesen wir bei Kattmann et al. (1997) *„Die fachlich beschriebenen Sachverhalte sind im Unterricht häufig weit stärker, als dies im Wissenschaftsbereich der Fall ist, in umweltliche, gesellschaftliche und individuelle Zusammenhänge einzubetten, um ihre Bedeutung für das Leben des Einzelnen in der Gesellschaft sowie in der belebten und unbelebten Natur zu verdeutlichen.“* Durch die Nähe der genannten Kontexte zu etablierten Kategorien der entwicklungspsychologischen Forschung (siehe vorletztes Kapitel) eine detaillierte Zielgruppenanalyse nahe. Wie sich diese in den Prozess der Didaktischen Rekonstruktion einbettet, bleibt bei Kattmann et al. allerdings offen. Auch die einzige, auf Entwicklungspsychologie verweisende Quelle des Artikels (Jung, 1993) bleibt ambivalent bezüglich der Frage, ob die Entwicklungspsychologie dem Naturwissenschaftsdidaktiker hilft. Wie ein methodischer Rahmen für die konstruktive Einbindung entwicklungspsychologischer Erkenntnisse in den Elementarisierungsprozess aussehen könnte und welche Impulse sich hieraus für den Unterricht ergeben, schildert der vorliegende Beitrag am Beispiel der Elementarteilchenphysik.

Diese bietet sich aus mehreren Gründen hierfür an: Bei der Untersuchung der bereits verfügbaren Entwürfe fiel auf, dass diese in ihrer Schwerpunkt- und Zielsetzung so unterschiedlich sind, dass davon ausgegangen werden kann, dass die diskursive Legitimierung zentraler Inhalte noch nicht abgeschlossen ist. Zum Beispiel finden sich in aktuellen Lehrbüchern (z.B. Kilian & Oberholz, 2015, Grehn & Krause, 2015) so unterschiedliche Foki der Darstellung, dass ein gemeinsames Narrativ nur schwer erkennbar ist. Begründungen für die Auswahl der Inhalte fehlen dem Medium entsprechend. Diesbezügliche Einigkeit besteht auch nicht im Kanon verfügbarer fachdidaktischer Arbeiten. Beispielsweise stehen bei Schiek (2015) durch populäre Medien motivierte Inhalte im Zentrum der Elementarisierung, während Entwürfe wie der von Mikelskis-Seifert (2009) vor allem Inhalte mit „Nature of Science“-Bezug aufgreifen und solche wie der von Schanz & Stimm (1994) einen eher wissenschaftsphilosophischem Fokus wählen. Bis auf Ausnahmen (z.B. Mikelskis-Seifert, 2009) werden die den Elementarisierungen zugrunde liegenden Überlegungen nicht transparent gemacht. Keine der genannten Perspektivierungen nimmt die zu Beginn angedeutete Entwicklungsphase der Lerngruppe in den Blick. Bevor im Folgenden dargestellt wird, welche Inhalte hiermit motiviert werden, werden etablierte Perspektiven der Elementarisierung kurz im Hinblick die Elementarteilchenphysik angewandt.

### Etablierte Perspektiven

Mit Schnittmengen lassen sich Impulse für die Elementarisierung fachdidaktisch primär aus zwei Perspektiven gewinnen. Diese werden im Folgenden knapp dargestellt und Beispiele angeführt, welche Impulse sie für die Elementarisierung Teilchenphysik generieren.

*Lehr-Lerntheoretisch* motivierte Inhalte ergeben sich (verkürzt) aus der Untersuchung von Lernprozessen und Sensibilität gegenüber dem gesamten evolutionären Prozess des Lehrens und Lernens (vgl. Kordes, 1989). Es gewinnen jene Inhalte an Gewicht, welche anschlussfähig sowohl im Hinblick auf das vergangene wie auch zukünftige Lernen sind. So ergeben sich für die Elementarteilchenphysik die folgenden Impulse:

- Konzepte der Quantenmechanik konstruktiv aufnehmen und im Rahmen der Elementarteilchenphysik deuten;
- Offene Fragen aus dem direkten Unterrichtskontext zum Ausgangspunkt der Elementarteilchenphysik machen;
- Barrieren für in Zukunft zu etablierende Konzepte abbauen.

*Bildungstheoretisch* werden mögliche Inhalte über ihre Bedeutung für die Gegenwart und Zukunft der Lernenden identifiziert. Die Einbettung von Stoff in gesellschaftliche Kontexte spielt eine wichtige Rolle, ebenso Irritation und Erweiterung des Blickes der Lernenden auf ihre Umwelt (vgl. Klafki, 2007). Beispielhaft ergeben sich so die folgenden Impulse:

- Den stofflich-makroskopischen Teilchenbegriff weiter dekonstruieren;
- Bestehende Teil-/Ganze-Konzepte konstruktiv in die Irritation führen;
- Nature of Science und Offenheit naturwissenschaftlicher Forschung betonen.

### **Entwicklungspsychologische Jugendforschung**

Aus den genannten Perspektiven ist es nicht, oder nur in äußerst begrenztem Umfang, möglich Impulse zu gewinnen, wie der zu lernende Stoff in „umweltliche, gesellschaftliche und individuelle Zusammenhänge“ eingebettet werden kann. Zwar sind lehr-lerntheoretische Zugriffe oft durch und entwicklungspsychologische Konzepte inspiriert, es werden jedoch lediglich Befunde der Subkategorie „kognitive Entwicklung“ rezipiert. Eine vergleichbare Nähe *bildungstheoretischer* Perspektiven zur Jugendforschung, die den Reifungsprozess junger Menschen erforscht, fehlt nahezu vollständig bzw. findet sich am ehesten in der Bildungsgangdidaktik (vgl. Trautmann, 2004) und dem hier formulierten Anspruch, schulische Bildung im Wettbewerb um kognitive Ressourcen nicht in Konkurrenz, sondern konstruktiv bezüglich der Entwicklungsaufgaben junger Menschen zu gestalten (vgl. Hofer, 2014).

Für die curricular definierte Zielgruppe des Unterrichts der Elementarteilchenphysik in Nordrhein-Westfalen lässt sich der Rahmen solch einer Orientierung leicht formulieren. Das liegt zum einen an der verhältnismäßig homogenen Zielgruppe (17-18 Jahre, kurz vor dem Abitur und i.d.R. im Ablösungsprozess von etablierten Kontexten) zum anderen an dem breiten Wissen, das die Jugendforschung über die genannte Gruppe bisher sammeln konnte. Steinberg (2005) beispielsweise beschreibt diesen Umbruch normativ. Assoziiert werden mit ihm u.a. Autonomieprozesse (vgl. auch Lewin, 1951) und die Differenzierung weltanschaulicher Wertesysteme (vgl. Dreher & Dreher, 1985). Der folgende Vorschlag soll diese Erkenntnisse didaktisch nutzbar machen, indem er einen Rahmen zur Identifikation der Entwicklungsaufgaben Heranwachsender vorschlägt, aus dem Impulse für die Elementarisierung generiert werden können.

### **Entwicklungssensible Didaktik**

Als hilfreiche Praxis hat es sich erwiesen, Entwicklungsaufgaben im Hinblick auf diejenigen Instanzen zu formulieren, welche für ihre Formulierung und spätere Bewertung verantwortlich sind (vgl. Flammer & Alsaker, 2002). Für Schülerinnen und Schüler sind dies die bereits angeklungenen Repräsentanten der (unmittelbar systemischen) Umwelt, des sozialen (d.h. gesellschaftlichen) Umfeldes und des Individuums. In diesem Sinne schlagen wir die folgenden Dimensionen vor und geben eine kurze Ausdeutung, welche Impulse sich hieraus für die Elementarisierung der Teilchenphysik ergäben.

*Schulische Entwicklungsaufgaben* werden direkt durch das System Schule in Form von curricularen Erwartungen, Prüfungen und Rahmenbedingungen gestellt und bewertet (vgl. Schenk, 1998). Indem Lehrende mit der Frage nach der „Abiturrelevanz“ ihres Stoffes konfrontiert waren, sind sie den Entwicklungsaufgaben ihrer Schülerinnen und Schüler begegnet und haben den Lehrplan, bzw. die Abiturrichtlinien zum Gegenstand des Unterrichts gemacht. Aus didaktischer Perspektive war diese Form der Elementarisierung schwer einzuordnen und wertzuschätzen.

Für den Unterricht der Teilchenphysik ergibt sich in Nordrhein-Westfalen direkt der Impuls, Aufbau und Zerfall von Nukleonen mithilfe des Standardmodells der Elementarteilchenphysik zu beschreiben und Wechselwirkungsteilchen über Feynmandiagramme einzuführen.

*Gesellschaftlich-Soziale Entwicklungsaufgaben* werden gleichsam durch das persönliche Umfeld und den gesellschaftlichen Rahmen gestellt und bewertet. Für die persönliche Identitätskonstruktion spielt im direkten Umfeld der Peergroup die Fachwahl eine zentrale Rolle. Damit eng verbunden ist der persönliche, aus der Peergroup adaptierte Anspruch, mit Blick auf die sich hier ergebenden Fragen zu sein. Das betrifft sowohl die Darstellung in populären Medien, wie journalistisch generierte Themen im breiteren Kontext. Ebenfalls damit verbunden ist ferner der Anspruch mit dem Erreichen des Wahlrechtes eine entsprechende politische Mündigkeit vorzuhalten.

In diesem Sinne gewinnt der Begriff „Kontextualisierung“ eine weitere Dimension. Er kann losgelöst von technischer Anwendung und praktischem Lebensweltbezug als Phänomen des sozialen Umfelds verstanden werden.

Für den Themenbereich Elementarteilchenphysik bietet es sich also tatsächlich an, Darstellungen in populären Medien aufzunehmen. Nicht weil darin *thematische* Aspekte aufgenommen werden, sondern weil das Umfeld der Schülerinnen und Schüler Aspekte des Mediums aufnimmt (und nur solange es dies tut). Ähnlich bietet sich das Thema Finanzierung von Grundlagenforschung an, solange dieses an die Aufgabe Wahlmündigkeit geknüpft ist.

*Individuell-Psychologische Entwicklungsaufgaben* entstehen aus dem Reifungsprozess von Menschen selbst. Konkret assoziiert ist mit der Schwelle zur Volljährigkeit in unserer Kultur die bereits beschriebene Aufgabe, vollständige oder zumindest partielle Autonomie (Lewin, 1951) zu erlangen. Eng damit verbunden sind der Anspruch, sich von etablierten (Wissens-)Autoritäten zu lösen (Steinberg & Silverberg, 1986) und, in Abhängigkeit von der Schulform, die eigene Berufsorientierung abzuschließen (Kunze, 1998). Im antizipierenden Prüfen der eigenen Identitätskonstruktion in neuen Kontexten bedienen sich Heranwachsende mit großer Affinität Gedankenexperimenten (vgl. Flammer & Alsaker 2002).

Für den Teilbereich der Elementarteilchenphysik bietet sich eine Reihe von Gedankenexperimenten, bspw. über die Reichweiten von Wechselwirkungen oder streutheoretische Deutungen von Feynmandiagrammen, an. Dem emanzipatorischen Prozess nahe steht eine Haltung, die aktiv die Ablösung von etablierten Wissensautoritäten, wie der Lehrperson oder dem Schulbuch fördert. Konkret für den Fall der Feynmandiagramme finden sich in allen anfangs genannten Schulbüchern modellbedingte Verkürzungen, für deren Kritik Schülerinnen und Schüler leicht sensibilisiert werden können. Offene Fragen und Grenzen der Weltbeschreibung mit dem Standardmodell der Elementarteilchenphysik ergänzen dies.

### **Zusammenspiel von Elementarisierungsimpulsen**

Nicht als Alternative sondern als Ergänzung soll die entwicklungssensible Perspektive den Prozess der Elementarisierung um Impulse bereichern. Bereits aus den Schnittmengen von lehr-lerntheoretischen und Bildungswissenschaftlichen Überlegungen lassen sich geeignete Ziele für den Unterricht der Elementarteilchenphysik finden. Durch eine zusätzliche Perspektive gelingt die Identifikation neuer Inhalte und weiterer Schnittmengen mit den bereits etablierten Perspektiven.

### Literatur

- Dreher, E., Dreher, M., Liepmann, D., & Stiksrud, A. (1985). Entwicklungsaufgaben im Jugendalter: Bedeutung und Bewältigungskonzepte. Göttingen: Hogrefe.
- Eisenberg, N. (1998). Handbook of child psychology: Social, emotional, and personality development., Vol. 3, 5th ed. (W. Damon, Hrsg.). Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc.
- Flammer, A., & Alsaker, F. D. (2002). Entwicklungspsychologie der Adoleszenz. Bern: Huber
- Grehn, J., Krause, J. (2015). Metzler Physik – Gesamtband SII, Braunschweig: Schroedel.
- Hofer, M. (2014). Persönlichkeitsentwicklung als schulisches erziehungsziel jenseits kognitiver Kompetenzen. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 46; Jg. 2014(2), 55–66.
- Jung, W. (1993). Hilft die Entwicklungspsychologie dem Naturwissenschaftsdidaktiker. In R. Duit & W. Gräber (Hrsg.), Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften (S. 86-108). Kiel: IPN an der Universität Kiel.
- Kattmann, V., Ulrich, Duit, V., Reinders, Gropengießer, V., Harald, & Komorek, V., Michael. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3; Jg. 1997(3), 3–18.
- Kilian, U., Oberholz, H. (2015). Dorn-Bader Physik Gesamtband Gymnasium Nordrhein-Westfalen, Braunschweig: Schroedel.
- Klafki, W. (1927-2016). (2007). Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik, in: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik (6. Aufl.). Weinheim u.a.: Beltz.
- Kordes, V., Hagen. (1989). Didaktik und Bildungsgang. Plädoyer für eine didaktische Vorgehensweise, die sich der „wilden transversalen Praxis“ tatsächlicher Lehr-Lernprozesse aussetzt und die Arbeit mit ihren Akteuren als einen Gesamtprozess d. Erfahrungssammlung und -verarbeitung begreift. Münster: Lit.
- Kunze, I. (1989). Bildungsgangdidaktik, eine Didaktik für alle Schulstufen?. In: Meyer, M. A., & Reinartz, A. (Hrsg.). Bildungsgangdidaktik. Denkanstöße für pädagogische Forschung und schulische Praxis. Opladen: Leske u. Budrich
- Lewin, K. (1951). Field theory in social science. New York: Harper (dt. Feldtheorie in den Sozialwissenschaften. Bern: Huber, 1963).
- Mikelskis-Seifert, V., Silke. (2009). Lernen über Modelle. Am Beispiel der Teilchenstruktur der Materie. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 58; Jg. 2009(7), 15–21.
- Schanz, R., Stimm, H. (Hrsg.) (1994). Quarks in der Schule, Unterrichtshilfen zur Elementarteilchenphysik. 2. Erweiterte Auflage. Mainz: ILF
- Schenk, B. (1998). Bildungsgangdidaktik als Arbeit mit den Akteuren des Bildungsprozesses. In: Meyer, M. A., & Reinartz, A. (Hrsg.). Bildungsgangdidaktik. Denkanstöße für pädagogische Forschung und schulische Praxis. Opladen: Leske u. Budrich
- Schieck, J., (2015). Elementarteilchenphysik in der Schule. In: Kircher, E. et. Al. (Hrsg.). Physikdidaktik, Berlin: Springer Verlag
- Steinberg, L. (2005). Adolescence (7th ed.). New York: McGrawHill.
- Steinberg, L., & Silverberg, S. (1986). The vicissitudes of autonomy in adolescence. Child Development, 57, 841-851.
- Trautmann, H., Matthias (Hrsg.). (2004). Entwicklungsaufgaben im Bildungsgang., 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften.

## **Forschung trifft Schule – Lehrerfortbildungen zur Teilchenphysik**

### **Motivation und Überblick**

Teilchenphysikalische Forschung hat in den vergangenen Jahren hohe mediale Aufmerksamkeit erhalten, nicht zuletzt durch die Nobelpreise für die Entdeckung des Higgs-Teilchens (KVA, 2013) und den direkten Nachweis von Neutrino-Oszillationen (KVA, 2015). Damit die Lernenden und auch Lehrkräfte die mediale Berichterstattung einordnen und am gesellschaftlichen Dialog über diesen aktuellen Bereich der naturwissenschaftlichen Forschung teilnehmen können – dies ist gemäß den Bildungsstandards für das Fach Physik (KMK, 2005, S. 6) ein zentrales Ziel naturwissenschaftlicher Bildung – müssen diese über fachliches Überblickswissen verfügen. Um Lehrkräfte bei der Beantwortung von Schülerfragen und ihren Lehraufgaben zu unterstützen, veranstaltet Netzwerk Teilchenwelt seit 2017 in Kooperation mit der Dr. Hans Riegel-Stiftung unter dem Motto „Forschung trifft Schule“ deutschlandweit Lehrerfortbildungen zur Elementarteilchenphysik. Die inhaltliche Grundlage bildet dabei das von Netzwerk Teilchenwelt gemeinsam mit der Joachim Herz Stiftung entwickelte Unterrichtsmaterial, insbesondere der Band „Ladungen, Wechselwirkungen und Teilchen“ (Kobel, Bilow, Lindenau & Schorn, 2017) zum Standardmodell der Teilchenphysik (SM). Die grundlegenden Ideen des dort enthaltenen Ansatzes zur Vermittlung des SM und eine mögliche Vorgehensweise im Unterricht werden im nachfolgenden noch skizziert. Weiterhin werden die Themen Astro-Teilchenphysik und Forschungsmethodik der Teilchenphysik thematisiert und dabei sowohl ein Einblick in die Funktionsweise von Teilchenbeschleunigern und -detektoren als auch in Vorgehensweisen bei der Datenauswertung gegeben. In diesem Zusammenhang werden Unterrichtsmaterialien zur Teilchenidentifikation mit Detektoren (Lindenau, 2015; Schmidt 2015) eingesetzt.

### **Die Fortbildungsformate**

Die Fortbildungsreihe umfasst drei unterschiedliche Formate für verschiedene Zielgruppen. Die zweitägigen Basisveranstaltungen richten sich an alle Lehrkräfte und Referendare. Davon wurden 2017 sechs durchgeführt. Diese Anzahl ist ebenfalls für 2018 und voraussichtlich auch für 2019 angesetzt.

Bei dem zweiten Format handelt es sich um eine Multiplikatoren-Schulung. Diese umfasst drei Tage und richtet sich an Lehrkräfte und andere Akteure, die selbst in die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften involviert sind. Dazu gehören u.a. Fachleiter, Fachmoderatoren, Hochschullehrer und Lehrbuchautoren. Zusätzlich zu den Inhalten des Basisprogramms rückt hier auch die Vernetzung der Teilnehmenden untereinander sowie mit Kontaktpersonen an nahegelegenen Standorten von Netzwerk Teilchenwelt und die Diskussion über die inhaltliche Schwerpunktsetzung bei der Weitervermittlung der Fortbildungsinhalte an Kollegen und Referendare in den Vordergrund. Insbesondere in den Multiplikatoren-Schulungen gab es in der Vergangenheit auch wesentliche Impulse für inhaltliche und methodische Anpassung bei nachfolgenden Veranstaltungen.

Das dritte Format ist eine sechstägige Summer School, welche am CERN in Genf stattfindet und sich an Personen richtet, die bereits an einem der anderen beiden Formate teilgenommen haben. Dabei erwartet die Teilnehmenden ein vielseitiges Programm aus Vorträgen von CERN-Wissenschaftlern zur experimentellen und theoretischen Teilchenphysik, Besichtigungen von Experimenten und andern Besuchspunkten auf dem CERN-Gelände

sowie weiterführende Einblicke in Unterrichtsmaterialien und fachdidaktische Diskussionen. Außerdem bietet sich hier die Möglichkeit eigene Unterrichtsmaterialien und -ideen mit anderen Kollegen und den Referenten ausführlich zu diskutieren und weiterzuentwickeln.

### Grundideen des Unterrichtskonzepts

Der im Folgenden vorgestellte Ansatz zur Vermittlung der Elementarteilchenphysik (Kobel, Bilow, Lindenau & Schorn, 2017) wurde in enger Kooperation mit Lehrkräften entwickelt und beinhaltet eine konsistente und anschlussfähige Begriffsbildung sowie ein Spiralcurriculum, in welchem auf unterschiedlichen Niveaus an etablierte Lehrplaninhalte angeknüpft wird. Dabei wird herausgestellt, was die wesentlichen theoretischen Erkenntnisse des SM sind und welche Vorhersagekraft dieses besitzt (oder eben nicht). Dafür wurden drei Basiskonzepte des SM identifiziert, welche in wechselseitiger Beziehung zueinander stehen. Diese Zusammenhänge sind in Abbildung 1 dargestellt.

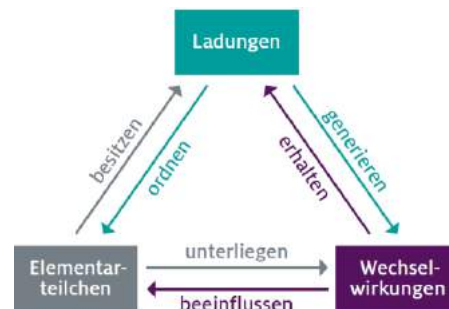


Abb. 1 Die Basiskonzepte des Standardmodells (Kobel, Bilow, Lindenau & Schorn, 2017)

Das SM ist eine Theorie, welche die Wechselwirkungen (außer der Gravitation) beschreibt, denen Elementarteilchen unterliegen. Der Fokus des beschriebenen Ansatzes liegt genau auf diesen Wechselwirkungen, welche durch Ladungen hervorgerufen und bestimmt werden und nicht, wie häufig üblich, auf dem Spektrum der bekannten Elementarteilchen und aus ihnen gebildeten Systemen. Analog zur Erklärung eines Spiels, z.B. Fußball, sind das Entscheidende die Regeln (hier die fundamentalen Wechselwirkungen und Erhaltungssätze), welche die Spieler (hier Elementarteilchen) befolgen müssen und nicht primär, wie viele Spieler beteiligt oder in welcher Formation diese aufgestellt sind.

Die Anzahl der Materieteilchen sowie deren spezifische Ladungseigenschaften sind zudem eine rein experimentelle Erkenntnis und können weder hergeleitet noch erklärt werden. Die drei fundamentalen Wechselwirkungen des SM hingegen sind theoretisch vollständig verstanden und es können sämtliche beobachtete Prozesse theoretisch begründet und vorhergesagt werden. Wie bei der Entdeckung Amerikas wurde mit dem SM also nicht das gefunden, was eigentlich gesucht wurde. Statt einer Theorie zur Erklärung der existierenden fundamentalen Bausteine der Materie fand man eine Theorie der Wechselwirkungen.

Weiterhin sind zur Erklärung des Aufbaus der uns umgebenden stabilen Materie lediglich drei Elementarteilchen notwendig, nämlich Elektronen, Up- und Down- Quarks (Elektron-(anti)neutrinos spielen zudem bei Beta-Umwandlungen eine Rolle). Es ist daher fragwürdig, weshalb es das zentrale Ziel einer Auseinandersetzung mit dem Standardmodell sein sollte, die übrigen Materieteilchen nur um des Kennens wegen einzuführen. Letztendlich können die fundamentalen Wechselwirkungen exemplarisch anhand der genannten Materieteilchen prinzipiell in beliebigem Detail diskutiert werden.

Das Ziel ist dabei, Gemeinsamkeiten und Unterschiede der drei Wechselwirkungen des SM herauszuarbeiten und deutlich zu machen, dass diese auf gleichen Prinzipien beruhen und sich daher sehr ähnlich (bei sehr kleinen Abständen bzw. großen Energien quasi identisch) beschreiben lassen. Konzepte, die bereits aus der Elektrizitätslehre bekannt sind, können entsprechend auf die starke und die schwache Wechselwirkung übertragen und dadurch in einem erweiterten Kontext gefestigt werden. Dazu gehört im Wesentlichen das Konzept der

Ladungszahl als charakteristische Teilcheneigenschaft, welche beschreibt, ob und wie ein Materieteilchen der zugehörigen Wechselwirkung unterliegt. Die elektrische Ladungszahl ist die einzige teilchenspezifische Größe, die im Coulombschen Gesetz auftaucht. Die Kraftgesetze der starken und der schwachen Wechselwirkung haben für extrem kleine Abstände (Bruchteile des Protodurchmessers) eine äquivalente Form. Daher kann am Beispiel der Teilchenphysik ebenfalls deutlich gemacht werden, welche entscheidende Rolle Vereinheitlichungen in der naturwissenschaftlichen Theoriebildung spielen.

Die Einführung der starken Wechselwirkung und der zugehörigen starken (Farb)Ladung bietet sich im Bereich der Kernphysik als Erklärung für die starke Kernkraft an, wobei diese in Analogie zur kovalenten Bindung von Atomen und Molekülen auf die Substruktur (Quarks) von Nukleonen zurückgeführt werden kann. Im Kontext von Kernumwandlungen (speziell der Beta-Umwandlung) ist es möglich die schwache Wechselwirkung einzuführen. Dieser Zugang ist weniger intuitiv als bei der starken Wechselwirkung, da die durch die schwache Wechselwirkung verursachte Kraft keine gebundenen Teilchensysteme zur Folge hat. Allerdings kann über die Entstehung des (Anti-)Neutrinos die Notwendigkeit einer weiteren Wechselwirkung bzw. der schwachen Ladung begründet werden. Ohne die schwache Ladungszahl als weitere Erhaltungsgröße wäre die Beta-Umwandlung auch ohne das entstehende Neutrino möglich, da Energie-, Impuls-, und Ladungserhaltung (sowohl für die elektrische als auch die starke Ladung) ohne Neutrino erfüllt werden können. Dies kann im Zusammenhang mit der kontinuierlichen Energieverteilung des entstehenden Elektrons diskutiert werden kann.

Der Übergang von Feldern mit dem bekannten Feldlinienmodell zum Botenteilchenmodell kann über die begrenzte Reichweite der schwachen und der starken Wechselwirkung motiviert werden, welche zur Folge hat, dass diese Wechselwirkungen, im Gegensatz zum Elektromagnetismus und der Gravitation, nicht in alltäglichen makroskopischen Phänomenen sichtbar sind. Dies kann im Bezug zum Verlauf der potenziellen Energien für diese Wechselwirkungen bzw. über die Kraftgesetze geschehen. Letztere weichen ab einer charakteristischen Länge von der bekannten  $1/r^2$ -Abhängigkeit ab, was nicht in einem Feldlinienbild visualisiert werden kann, ohne die bekannten Regeln dieses Modells zu verletzen. Aus diesem kognitiven Konflikt heraus können Botenteilchen (Gluonen für die starke Wechselwirkung und W- bzw. Z-Teilchen für die schwache Wechselwirkung) eingeführt und die Reichweiten über deren Eigenschaften begründet werden, indem die Unterschiede zum Photon, dem Botenteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung, diskutiert werden. Zur geringen Reichweite der schwachen Wechselwirkung existiert außerdem ein Analogon, nämlich die Abschirmung elektrischer und magnetischer Felder in Supraleitern. Deren Rolle übernimmt bei der schwachen Wechselwirkung das Brout-Englert-Higgs-Feld als „Supraleiter der schwachen Ladung“, welches ursprünglich zur Erklärung dieser Reichweite und damit der großen Massen der W- und Z-Teilchen eingeführt (Englert & Brout, 1964; Higgs, 1964) und über die Entdeckung des Higgs-Teilchens indirekt nachgewiesen wurde.

### **Rezeption des Konzeptes**

Die beschriebenen Fortbildungsangebote werden sehr gut angenommen. Bisher waren die zur Verfügung stehenden Plätze bei fast allen Veranstaltungen vollständig besetzt. Häufig überstieg die Zahl der Anmeldungen deutlich die Kapazität von 20 Personen. Auf Grund der mündlichen und schriftlichen Rückmeldungen nach den Veranstaltungen kann angenommen werden, dass das gewählte Format mit fachwissenschaftlichem Fokus bei diesem Thema den Bedürfnissen der Teilnehmenden entspricht und der vorgestellte Ansatz zur Vermittlung der Theorie des Standardmodells in der Schule als schlüssig und praktikabel angesehen wird.



**Literatur**

- Englert, F. & Brout, R. (1964). Broken Symmetry and the Mass of Gauge Vector Mesons. *Physical Review Letters* 13, 321-323
- Higgs, P. W. (1964). Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons. *Physical Review Letters* 13, 508-509
- KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München & Neuwied: Luchterhand
- Kobel, M., Bilow, U., Lindenau, P. & Schorn, B. (2017). Teilchenphysik. Unterrichtsmaterial ab Klasse 10. Ladungen, Wechselwirkungen und Teilchen. Hamburg: Joachim Herz Stiftung
- KVA, The Royal Swedish Academy of Sciences (2013). The Nobel Prize in Physics 2013 [Pressemitteilung]. <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/press-21.pdf> [25.10.2018]
- KVA, The Royal Swedish Academy of Sciences (2015). The Nobel Prize in Physics 2015 [Pressemitteilung]. <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/press-30.pdf> [25.10.2018]
- Lindenau, P. (2015). Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zur Auswertung von Daten aus Experimenten an modernen Teilchenbeschleunigern. Masterarbeit, Technische Universität Dresden. [https://iktp.tu-dresden.de/IKTP/pub/15/Masterarbeit\\_Philipp\\_Lindenau.pdf](https://iktp.tu-dresden.de/IKTP/pub/15/Masterarbeit_Philipp_Lindenau.pdf) [25.10.2018]
- Schmidt, R. (2015). Einsatz von Blasenkammerbildern in der Schule auf grundlegendem Anforderungsniveau. Masterarbeit, Technische Universität Dresden. [https://iktp.tu-dresden.de/IKTP/pub/15/Masterarbeit\\_Rebecca\\_Schmidt.pdf](https://iktp.tu-dresden.de/IKTP/pub/15/Masterarbeit_Rebecca_Schmidt.pdf) [25.10.2018]

Judith Breuer  
 Christoph Vogelsang  
 Peter Reinhold

Universität Paderborn

## **Implementation fachdidaktischer Innovation im Physikunterricht Ergebnisse einer Pilotstudie**

### **Einleitung**

Seit der kognitiven Wende werden in der fachdidaktischen Forschung vermehrt Unterrichtsmaterialien entwickelt und evaluiert. Ziel ist herauszufinden, wie Unterrichtsmaterialien aus konstruktivistischer Sicht gestaltet sein sollten, um den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler optimal zu unterstützen. Zudem wurde ab den 90er Jahren, als die Lehrperson verstärkt in den Fokus der Forschung rückte, der Ansatz verfolgt, mithilfe von Unterrichtsmaterialien auch die professionelle Weiterbildung von Lehrkräften zu fördern. Verschiedene Studien liefern Hinweise dafür, dass die Nutzung solcher empirisch fundierten Unterrichtsmaterialien die Unterrichtsqualität und das professionelle Wissen von Lehrkräften verbessern kann (Tobias, 2010; Charalambous & Hill, 2012; Arias, Smith, Davis, Marino & Palinscar, 2017). Allerdings nutzen Lehrkräfte aufgrund unterschiedlichen Wissens, unterschiedlicher Überzeugungen und Erfahrungen Unterrichtsmaterialien sehr verschieden (Davis, Janssen & van Driel, 2016). Darüber hinaus konnten auch Merkmale von Unterrichtsmaterialien identifiziert werden, welche einen Einfluss auf die Nutzung haben können (Remillard, 2005). Über das genaue Zusammenspiel dieser unterschiedlichen Einflussfaktoren ist jedoch bislang nur wenig bekannt. Daher ist es Ziel dieser Studie, die Wirkmechanismen bei der Nutzung und Implementation von empirisch fundierten Unterrichtsmaterialien näher zu untersuchen.

### **Forschungsstand**

Laut einer Studie von Roehrig, Kruse und Kern (2007) hängt der Grad der Implementation von Unterrichtsmaterialien direkt mit den Werthaltungen von Lehrkräften zusammen. Sie stellten bei der Beobachtung von 27 Chemielehrkräften fest, dass die eher traditionell orientierten Studienteilnehmer ein bereitgestelltes innovatives Konzept im Gegensatz zu stärker schülerorientierten Lehrkräften kaum umsetzten. Ferner berichten Boesen et al. (2014), dass viele Lehrkräfte trotz einer positiven Einstellung zum Lehrplan die von den Autoren intendierten Ziele nur selten implementieren. Dazu untersuchten sie die Nutzung eines neuen Lehrplans in Schweden von 197 Mathematiklehrkräften. Allerdings stellten Bergqvist und Bergqvist (2017) bei einer Textanalyse des Lehrplans fest, dass der Text aus langen komplexen Sätzen besteht und die Ziele wenig präzise formuliert und sie somit schlecht nachvollziehbar sind. Daher spielt neben Lehrercharakteristika auch die Gestaltung von Unterrichtsmaterialien für die Implementierung eine wichtige Rolle.

Insgesamt lässt sich aus der Gesamtheit der Studien folgern, dass die Nutzung von Unterrichtsmaterialien ein komplexer Prozess ist, welcher sowohl von Lehrercharakteristika als auch von materialspezifischen Aspekten und dem Schulkontext abhängt (s. Abb. 1). Nach Lendrum und Humphrey (2012) ist gerade das Zusammenspiel dieser Faktoren für die Implementation entscheidend. Hierzu besteht allerdings bislang ein Forschungsdesiderat.

Der Einsatz von empirisch fundierten Unterrichtsmaterialien zur professionellen Weiterbildung von Lehrkräften klingt zunächst Erfolg versprechend, es muss jedoch noch mehr über die Interaktion verschiedener Einflussfaktoren bei der Nutzung von Unterrichtsmaterialien herausgefunden werden, um die Materialien besser an den Bedarf von Lehrkräften anpassen zu können. Deswegen wird in dieser Studie die Nutzung eines empirisch fundierten Unterrichtskonzepts mit der Intention, typische Handlungsmuster zu charakterisieren, untersucht.

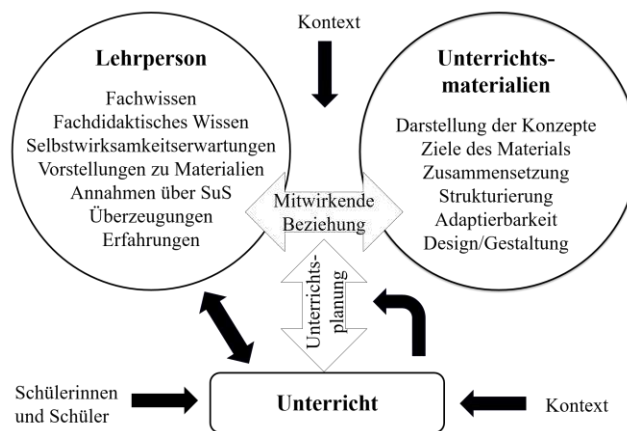


Abb.1: Zusammenspiel von Lehrercharakteristika und Materialeigenschaften bei der Gestaltung von Unterricht (adaptiert nach Remillard, 2005).

### Methode

Zur Untersuchung des Nutzungsverhaltens von Unterrichtsmaterialien wurde das Münchener Unterrichtskonzept zur Quantenmechanik kriteriengeleitet aus verschiedenen empirisch fundierten Unterrichtskonzepten ausgewählt. Die Besonderheit des Konzeptes ist, dass es unter Berücksichtigung typischer Schülervorstellungen entwickelt wurde und das qualitative Verständnis von Quantenphysik fokussiert.

Das Unterrichtskonzept wird den Studienteilnehmern als Anregung für eine Unterrichtsreihe zur Quantenphysik zur Verfügung gestellt. In einem Einstiegsinterview werden sie zu ihren Vorstellungen zum Lehren und Lernen und ihrem ersten Eindruck zum Unterrichtskonzept befragt. Darüber hinaus werden zwei festgelegte Unterrichtsstunden videographiert und in anschließenden Stimulated Recall-Interviews nachbesprochen, um mehr über die Implementierung im Unterricht und die Planungsentscheidungen herauszufinden. In einem abschließenden Interview wird die Unterrichtsreihe schließlich mit den Probanden reflektiert. Durch diese methodologische Triangulation sollen die Aussagekraft und die Validität der Ergebnisse erhöht werden (Bortz & Döring, 2006).

In einer Pilotierungsstudie wurde das Einstiegsinterview mit fünf Gymnasiallehrkräften aus NRW und Niedersachsen geführt. Darüber hinaus wurden drei der fünf Lehrkräfte wie zuvor beschrieben während der gesamten Unterrichtsreihe begleitet. Ziel der Pilotierung ist die Erprobung der Interviewleitfäden, der Entwicklung eines Kategoriensystems nach der qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2012) für die Hauptstudie und die Generierung erster Hypothesen.

### Ergebnisse der Pilotierung

Aus den Einstiegsinterviews wird deutlich, dass vier der fünf Probanden geringe Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Quantenphysik haben (vgl. auch Müller, 2003). Darüber hinaus verwenden alle befragten Lehrkräfte dualistische Formulierungen und zwei Personen äußern sogar explizit dualistische Vorstellungen:

*„Dass es Modelle gibt, verschiedene Modelle, miteinander konkurrierende Modelle. Manchmal kann man das nehmen, um bestimmte Eigenschaften zu erklären, manchmal kann man das nehmen als bestimmte Eigenschaft“ (C. A., Int. 1, 64).*

Auf die Frage hin, welche Ziele die Lehrkräfte mit der Unterrichtsreihe zur Quantenphysik verfolgen, antworten alle, dass sie den Gegensatz zur klassischen Physik aufzeigen wollen. Allerdings werden darüber hinaus ganz unterschiedliche Ziele wie der Umgang mit Modellen, der Bezug zur Chemie oder das Diskutieren philosophischer Fragen geäußert.

Weiterhin nennen die Probanden im Interview Kriterien zur Auswahl von Unterrichtsmaterialien. Aus ihren Ausführungen wird deutlich, dass ihnen neben inhaltlichen Aspekten wie fachlicher Richtigkeit auch formale Merkmale wie Strukturierung des Textes oder Rechtschreibung wichtig sind. 38% aller Aussagen zu Auswahlkriterien für Unterrichtsmaterialien beziehen sich auf formale Merkmale.

Über das bereitgestellte Unterrichtskonzept sagen drei Teilnehmer, dass es gut strukturiert sei und gute Abbildungen enthalte. Allerdings merken zwei Lehrkräfte an, dass ein Text für Schülerinnen und Schüler fehle, da sich der enthaltene Text zunächst an Lehrkräfte richte.

Bei den Unterrichtsbeobachtungen fällt auf, dass der Unterricht vor allem fragend-entwickelnd und lehrergelenkt erfolgt, obwohl alle Probanden in den Stimulated Recall-Interviews angeben, dass ihnen Schüleraktivierung im Unterricht sehr wichtig sei. Hier wird folglich eine Diskrepanz zwischen den Absichten und der Praxis der Lehrkräfte beobachtet.

Alle Probanden lasen im Vorfeld des Unterrichts das Unterrichtskonzept als Anregung. Darüber hinaus verwendete eine Lehrkraft zwei Arbeitsblätter aus dem Materialpaket. Eine weitere setzte eine im Konzept enthaltene Simulation zum Doppelspaltversuch im Unterricht ein. Insgesamt konnte beobachtet werden, dass die teilnehmenden Lehrkräfte nur wenig des gesamten Unterrichtskonzeptes umsetzten und sich insbesondere wenig an der Tiefenstruktur orientierten (vgl. Davis, Palincsar, Smith, Arias & Kademian, 2017).

Aus den Reflexionsinterviews lässt sich schließen, dass alle Probanden eine typische Reihenfolge in der Unterrichtsreihe verfolgten und diese in einem Umfang von 10-15 Unterrichtsstunden umsetzten. Sie fingen zunächst mit der Behandlung des Photonenmodells an, gingen über zur Betrachtung des Wellencharakters von Elektronen und behandelten im Anschluss qualitativ die Wahrscheinlichkeitsinterpretation. Eine Lehrkraft führte zusätzlich das Zeigermodell ein. Diese Lehrkraft unterrichtet im Gegensatz zu den beiden anderen Lehrkräften in Niedersachsen, wo dies auch im Lehrplan verankert ist, daher kann diese Abweichung auf die verschiedenen Lehrplanvorgaben der Bundesländer zurückgeführt werden. Insgesamt scheint sich aber das Vorgehen der Lehrkräfte nicht wesentlich zu unterscheiden trotz der unterschiedlich genannten Ziele im Einstiegsinterview. Ferner zeigt sich, dass die Probanden sich nicht nur nicht an den Zielen des Konzepts orientieren, sondern ihnen diese Ziele auch nicht bewusst sind. Möglicherweise sind hier die teilweise dualistischen Vorstellungen der Probanden hinderlich.

Aus den Ergebnissen der Pilotierung folgt, dass das Thema Quantenphysik zur professionellen Weiterentwicklung der Lehrkräfte gut geeignet ist. Weiterhin scheinen Lehrkräften andere Materialeigenschaften wichtig zu sein als Materialentwicklern, wie zum Beispiel Gestaltung und Strukturierung statt Kohärenz oder empirisch nachgewiesene Wirksamkeit (vgl. Fishman & Krajcik, 2002; Cuban, 2013). Vermutlich wird bei freigestellter Nutzung nur wenig der bereitgestellten Unterrichtsmaterialien umgesetzt, weshalb es fraglich ist, ob die in Interventionsstudien festgestellte Wirksamkeit solcher Materialien so auch in der Praxis erreicht werden kann und eine solche Nutzung die professionelle Weiterbildung der Lehrkräfte unterstützt.

### **Ausblick**

In der Haupterhebung sollen die aus der Pilotierung gewonnenen Erkenntnisse und aufgestellten Hypothesen näher untersucht werden. Dazu werden zehn Lehrkräfte mittels theoretischem Sampling gemäß eines Grounded Theory-Ansatzes gewählt, um trotz kleinen Stichprobenumfangs möglichst aussagekräftige Ergebnisse zu erlangen (Bortz & Döring, 2006). Ziel ist es, unterschiedliche Fälle miteinander zu vergleichen, um typische Handlungsmuster bei der Implementation von Unterrichtsmaterialien zu identifizieren.

### Literatur

- Arias, A., Smith, S., Davis, E., Marino, J.-C., Palincsar, A. (2017). Justifying Prediction: Connecting Use of Educative Curriculum Materials to Students' Engagement in Science Argumentation. *Journal of Science Teacher Education*, 28 (1), 11-35.
- Bergqvist, E., Bergqvist T. (2017). The Role of the Formal Written Curriculum in Standards-based Reform. *Journal of Curriculum Studies*, 49 (2), 149-168.
- Boesen, J., Helenius, O., Bergqvist, E., Bergqvist, T., Lithner, J., Palm, T., Palmberg, B. (2014). Developing Mathematical Competence: From the Intended to the Enacted Curriculum. *Journal of Mathematical Behavior*, 33, 72-87.
- Bortz, J., Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Charalambous, C., Hill, H. (2012). Teacher Knowledge, Curriculum Materials, and Quality of Instruction: Unpacking a Complex Relationship. *Journal of Curriculum Studies*, 44 (4), 443-466.
- Cuban, L. (2013). Why so Many Structural Changes in Schools and so Little Reform in Teaching Practice? *Journal of Education*, 51 (2), 109-125.
- Davis, E., Janssen, F., van Driel, J. (2016). Teachers and Science Curriculum Materials: Where We Are and Where We Need to Go. *Studies in Science Education*, 52 (2), 127-160.
- Davis, E., Palincsar, A., Smith, S., Arias, A., Kademian, S. (2017). Educative Curriculum Materials. Uptake, Impact, and Implications for Research and Design. *Educational Researcher*, 46 (6), 293-304.
- Fishman, B.; Krajcik, J. (2002): What Does It mean to Create Sustainable Science Curriculum Innovations? *Science Education*, 87 (4), 564-573.
- Kuckartz, U. (2012). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim: Beltz.
- Lendrum, A., Humphry, N. (2012). The Importance of Studying the Implementation of Interventions in School Settings. *Oxford Review of Education*, 38 (5), 635-652.
- Müller, R. (2003): *Quantenphysik in der Schule*. Berlin: Logos.
- Remillard, J. (2005). Examining Key Concepts in Research on Teachers' Use of Mathematics Curricula. *Review of Educational Research*, 75 (2), 211-246.
- Roehrig, G., Kruse, R., Kern, A. (2007). Teacher and School Characteristics and Their Influence on Curriculum Implementation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (7), 883-907.
- Tobias, V. (2010). *Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht*. Berlin: Logos.

## Chemie im Kontext weitergedacht – ein Diskussionsbeitrag

### Kontexte komplexer denken

Die Idee des Alltagsbezugs als sinngebenden und motivierenden Anknüpfungspunkt für naturwissenschaftliche Inhalte fand u. a. durch „Chemie im Kontext“ (ChiK) Eingang in den Chemieunterricht [1] und kann heute als etabliert angesehen werden. Allerdings konnte gezeigt werden, dass der Bezug zum Alltag der Schülerinnen und Schüler (SuS) allein nicht zielführend im Hinblick auf Motivation und Interesse ist. Van Vorst et al. fanden, dass aus Perspektive der SuS v. a. Aktualität und Besonderheit gegeben sein müssen, damit ein Kontext als authentisch und damit interessant empfunden wird [2]. Unsere mehrjährigen Erfahrungen mit der Planung von Unterricht nach ChiK im Rahmen von Hochschulseminaren bestätigen diese Befunde. Auch scheinen viele der unter dem Motto „ChiK“ veröffentlichten Kontexte den Anspruch nach Authentizität nur bedingt zu erfüllen – und sind damit nicht zwangsläufig „sinnstiftend“ (was die Autoren von ChiK durchaus bewusst war, siehe [1] S. 19). Im Unterrichtsalltag gerät der Kontext häufig zum knapp umrissenen Einstieg in eine Stunde, der schnell zu wenigen Fragestellungen hinleitet – die letztlich mit einigen Merksätzen beantwortbar sind. Auch wenn Lehrkräfte die Nutzung von Kontexten als vielversprechend ansehen, vermeiden sie oft komplexe Phänomene zugunsten der „Steuerbarkeit“ des Unterrichts. Dinge, die die SuS aber tatsächlich interessieren, also „authentische“ Kontexte, sind nach unserer Erfahrung immer komplex (siehe auch [2]). Vernachlässigt man dies, bleibt die ursprüngliche Forderung von ChiK nach Authentizität unerreicht – und nach unserer Meinung das eigentliche Potenzial der Kontexte ungenutzt. Wir denken „zu kurz“ – gerade im gymnasialen Chemieunterricht.

Wenn die Phänomene zu knapp gefasst werden, bleibt auch ein anderes von den Autoren der ChiK-Methode angedacht Ziel unerreicht: Die stärkere Vernetzung des Wissens der SuS, die Demuth et al. im Sinne konstruktivistischer Lerntheorien anstreben. Dies soll wiederum methodisch über die Erarbeitung von Basiskonzepten erreicht werden, die neben Kontexten und Methodenvielfalt die dritte Säule des ChiK-Konzeptes bilden [1].

### Basiskonzepte – ungenutztes Potenzial

Als strukturgebendes und systematisierendes Werkzeug der Wissens-Vernetzung sahen die Autoren des ChiK-Konzeptes die Einbindung von Basiskonzepten vor: „Eine kontextualisierte Entwicklung von Kenntnissen erfordert Vernetzung und Abstraktion zum Aufbau eines kontextunabhängigen Wissensfundamentums. Dies soll durch die Entwicklung von Basiskonzepten erreicht werden“ [1]. Wie werden Basiskonzepte inzwischen unterrichtlich genutzt? Sie sind Teil der Bildungsstandards und haben darüber Eingang in die Lehrpläne gefunden. Schulbücher widmen ihnen eigene Seiten (z. B. [3], [4]). Sie dienen aber nicht als Überschriften, unter die das Wissen einsortiert wird, wie Parchmann 2007 noch vorschlug [5], sondern werden vielmehr an passender Stelle eingeführt und im Sinne eines „roten Fadens“ redundant erwähnt. Zum Beispiel wird das Stoff-Teilchen-Konzept in den Chemieunterricht eingebaut, indem explizit und wiederholt mit den SuS Real- und Teilchenebene voneinander unterschieden werden. Die Basiskonzepte können damit „immer wieder in inhaltlichen Zusammenhängen mitbestimmend wirken“ [6]. Soweit der aktuell akzeptierte Konsens. Wie aber soll methodisch eine *Vernetzung* des Wissens erreicht werden? Durch stetes Erwähnen sind die Konzepte zwar präsent, sie entfalten aber nicht per se eine systematisch vernetzende Wirkung!

Parchmann schlug hierfür Mapping-Methoden vor [5]. Im Rahmen der 50 in unseren Seminaren entworfenen Konzepte wurde dieses Szenario wiederholt diskutiert: Mit Hilfe interaktiver Whiteboards lässt sich die „Basiskonzepte-MindMap“ jeder unterrichteten Klasse an der passenden Stelle wieder aufrufen und um den gerade erarbeiteten Aspekt ergänzen. Alternativ können die letzten beiden Seiten des Heftes zur Erstellung einer solchen MindMap genutzt werden. Damit entstünde theoretisch ein Netzwerk, in das die fachlichen Inhalte einsortiert werden können. Ordnet man die Basiskonzepte im Zentrum an und sortiert die behandelten Inhalte um sie herum, so kommt naturgemäß ein Themenbereich mehrfach vor. Zum Beispiel wird das Thema Kunststoffe einmal beim Struktur-Eigenschafts-Konzept zuzuordnen sein und einmal zum Basiskonzept chemische Reaktion (s. folgende Abb.).



Stellt man hingegen den Kontext oder ein Thema in das Zentrum, so finden sich die Basiskonzepte in der Peripherie – und zwar gegebenenfalls auch mehrfach (s. untenstehende Abb.):



Für die Vernetzung des neu erworbenen Wissens sehen die Autoren des ChiK-Konzepts eine eigene Phase am Ende jeder Unterrichtseinheit vor, in der eine Verknüpfung der erarbeiteten Inhalte über Basiskonzepte mit bereits Bekanntem erfolgen soll [1], [5]. Parchmann et al. betonten die Bedeutung dieser Vernetzungsphase und stellten dar, dass hierfür eine „Dekontextualisierung“ der Inhalte notwendig sei. Da die Inhalte an exemplarischen Kontexten erarbeitet wurden, müssten diese aus diesem Kontext herausgelöst und auf Metaebene im Zusammenhang mit den Basiskonzepten betrachtet werden [7].

Nach unseren Erfahrungen gelingt auf diesem Weg eine Vernetzung kaum. Die Dekontextualisierung wird zum harten Schnitt, der mit der Trennung vom Kontext auch eine Trennung vom Sinngebenden bewirkt. Fachliche Inhalte und Basiskonzepte stehen wieder isoliert vor für die SuS persönlich Relevanten, und die im Rahmen von ChiK angedachte Synergie der drei Säulen des Konzepts nicht erreicht. Wir schlagen daher vor, methodisch den umgekehrten Weg zu gehen und Basiskonzepte als „Instrument zur Problemlösung“ [8] einzusetzen, denn Basiskonzepte können „helfen, Beobachtungen zu deuten und mit Hilfe der begrifflichen Grundlagen der Chemie Vorhersagen zu entwickeln“ [9]. Zwangsläufig stellt sich dann die Frage nach einer geeigneten Methodik zur unterrichtlichen Umsetzung dieser Herangehensweise. Hierfür möchten wir im Folgenden ein unserer Ansicht nach sehr gut geeignetes Methodenwerkzeug vorstellen:

### Basiskonzepte helfen Lernenden komplexe Phänomene zu erklären

Windschitl et al. entwickelten in den USA in mehreren NSF-geförderten Projekten das Unterrichtsverfahren „Ambitious Science Teaching“ [10], [11]. Eines der in diesem Rahmen konzipierten und bewährten Methodenwerkzeuge ist das „Eliciting Students' Ideas“ („Entlocken von und Arbeiten mit Schülerideen“, ESI). Den SuS wird ein Phänomen präsentiert, das erklärt werden soll. Dieser Kontext ist in der Regel authentisch im o. g. Sinne und so komplex, dass sich die dazugehörigen Unterrichtseinheiten in den USA über mehrere Wochen erstrecken und auf natürliche Weise verschiedenste Inhalte miteinander verknüpfen. Direkt im Anschluss an die Begegnung mit dem Phänomen werden die SuS angehalten, in Kleingruppen ein erstes Erklärungsmodell zu Papier zu bringen. Dabei ist die Nutzung von Zeichnungen, Pfeilen,

Textbausteinen und sonstigen Gestaltungsmöglichkeiten ausdrücklich gewünscht. Bedingt dadurch, dass der Kontext komplex ist, benötigen die SuS eine Orientierungshilfe. Wie die Erprobung von ESI an deutschen Schulen zeigte, greifen die SuS dafür schon von allein auf Basiskonzepte zurück. Um zu erklären, warum eine Socke stinkt, bezogen die Lernenden automatisch Stoff- und Teilchenebene ein. Hilfreich kann auch der Hinweis der Lehrkraft an die SuS sein, bei ihrer Herangehensweise die Basiskonzepte mitzudenken. So half z. B. die Aufforderung, die Energie-Beteiligung mit in die Überlegungen einzubeziehen den Lernenden, die Bedeutung der Temperatur für Vorgänge im Autokatalysator zu erkennen. Aus den ersten Erklärungsmodellen wird im Plenum eine gemeinsame Liste von Hypothesen gebildet. Es folgt ein Input in Form eines Experiments, Filmes, Infotextes o. ä. Die SuS kehren mit diesen neuen Ideen zu ihrem ursprünglichen Modell zurück und überarbeiten dieses. Auch hierbei helfen ihnen die Basiskonzepte, indem sie ihnen einerseits den Zugang von verschiedenen Perspektiven aus bieten. Der Kontext kann im Hinblick auf die Energiebeteiligung betrachtet werden, oder man konzentriert sich auf Struktur und Eigenschaft. Andererseits helfen die Basiskonzepte, das Phänomen tiefer zu ergünden. Wenn man z. B. über die Energiebeteiligung nachdenkt, ist man automatisch gezwungen, das Grundlegende zu betrachten. Durch wiederholtes Arbeiten an den individuellen Erklärungsmodellen, Input-Phasen und Veröffentlichung der Ideen in der Klasse wird schließlich gemeinsam ein wissenschaftlich tragfähiges Konsensmodell erarbeitet, dessen Fakten zwar für alle SuS gleich sind, dessen Visualisierung aber für jeden Lernenden individuell verschieden ist – und sein darf! Damit werden die Vorstellungen *aller* Lernenden eingebracht, wertgeschätzt und weiterentwickelt. Die Basiskonzepte werden auf diese Weise als Werkzeug genutzt und stets mitgedacht, wodurch eine Vernetzung von Fachwissen über grundlegende naturwissenschaftliche Prinzipien zwangsläufig ist.

## Fazit

Kontexte, die von den SuS als authentisch empfunden werden, sind praktisch immer komplex und lassen sich nicht mit wenigen Sätzen erklären. Man muss sie aus verschiedenen Perspektiven betrachten, um Erklärungsansätze zu finden. Dies bewirkt einerseits, dass in der Regel alle SuS einen Zugang zum Kontext finden und Vorerfahrungen beitragen können. Andererseits erzwingt dies zwangsläufig ein vernetztes Denken. Einen systematischen Zugang zu solch komplexen Phänomenen bieten die Basiskonzepte. Sie eignen sich als „Brille“, durch die sich die Phänomene betrachten und mit denen sich hilfreiche Erklärungsansätze finden lassen. Mit der schlichten Aufforderung an die SuS, die Basiskonzepte bei ihren Erklärungsansätzen „mitzudenken“, wird den SuS ihre Bedeutung als strukturierendes Prinzip und Werkzeug der Naturwissenschaften vor Augen geführt. Die Basiskonzepte wandeln sich von einem immer wieder mal angesprochenen Schlagwortkatalog, zu dem grundsätzliche Prinzipien widergegeben werden können, zu grundsätzlichen Prinzipien, die zum Erklären genutzt werden – und als Schlagwort in individuellen Erklärungsmodellen auftauchen. Ersteres erbringt ein auf Metaebene über dem Wissenskatalog „schwebendes“ Gebilde. Letzteres bedeutet eine tatsächliche Strukturierung des Wissens auf basalem Niveau über die grundlegenden naturwissenschaftlichen Prinzipien, die die Basiskonzepte ja verkörpern. Weiterhin ergibt sich eine routinierte und selbstverständliche Nutzung der Basiskonzepte zum Finden naturwissenschaftlich tragfähiger Erklärungsmodelle, mit denen eine Orientierung in sehr komplexen Phänomenen besser gelingen kann. Mit dieser didaktischen Herangehensweise werden die Basiskonzepte von der Überschrift zum naturwissenschafts-methodischen Werkzeug. Wie Unterrichtsversuche in mehreren Fächern und Jahrgangsstufen gezeigt haben, ermöglicht das Methodenwerkzeug ESI die unterrichtliche Umsetzung dieser Herangehensweise. Es stellt eine potenziell sehr wirkungsvolle, motivierende und bei guter Konzentrierung effektive Möglichkeit dar, um die Potenziale von Kontexten und Basiskonzepten im Sinne von ChiK auszuschöpfen – und so letztendlich eine Scientific Literacy der SuS zu erreichen.



## Literatur

- [1] R. Demuth, C. Gräsel, I. Parchmann, und B. Ralle, *Chemie im Kontext - Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzeptes*. Münster: Waxmann, 2008.
- [2] H. van Vorst, A. Dorschu, S. Fechner, A. Kauertz, H. Krabbe, und E. Sumfleth, „Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht - Vorschlag einer theoretischen Modellierung“, *Z. für Didakt. Naturwissenschaften ZfDN*, Bd. 21, S. 29–39, 2015.
- [3] K. Arnold und V. Dietrich, *Fokus Chemie, Gymnasium*, 1. Auflage., Bd. 2. Berlin: Cornelsen Verlag.
- [4] E. Brückl, H. Schaschke, A. Schuck, und P. Zehentmeier, *elemente chemie 8*, 1. Auflage. Stuttgart: Ernst Klett Verlag, 2006.
- [5] I. Parchmann, „Basiskonzepte - Ein geeignetes Strukturierungselement für den Chemieunterricht?“, *Naturwissenschaften im Unterr.*, Nr. 100/101, S. 6–10, Aug. 2007.
- [6] L. Stäudel, „Basiskonzepte entwickeln“, *Naturwissenschaften im Unterr.*, Bd. 18, S. 102–106, 2007.
- [7] I. Parchmann, R. Demuth, B. Ralle, A. Paschmann, und H. Huntemann, „Chemie im Kontext - Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten“, *Prax. Naturwissenschaften - Chem. Sch.*, S. 2–7, 2001.
- [8] I. Parchmann und L. Stäudel, „Basiskonzepte aufbauen (Editorial)“, *Naturwissenschaften im Unterr.*, Nr. 100/101, Aug. 2007.
- [9] M. Rehm und L. Stäudel, „Grundbegriffe und Basiskonzepte (Editorial)“, *Naturwissenschaften im Unterr.*, Bd. 128, März 2012.
- [10] M. Windschitl, J. Thompson, und M. Braaten, *Ambitious Science Teaching*. Cambridge, Massachusetts: Harvard Education Pr, 2018.
- [11] Mark Windschitl, Jessica Thompson, Melissa Braaten, und David Stroupe, „Proposing a Core Set of Instructional Practices and Tools for Teachers of Science“, *Sci. Educ.*, Bd. 96, S. 878–903, 2012.

Alberto Marcos Halar  
Matthias Laukenmann  
Erich Starauschek

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

## **Kulturelle Ausprägungen von vorunterrichtlichen Vorstellungen zur Energie**

### **Abstract**

Eine schriftliche Befragung in Klassenstufe 7 aus dem Jahr 2017 von Schülerinnen und Schülern ( $N = 160$ ) zweier Ethnien in Mosambik als typische Vertreter Subsahara-Afrikas zeigt im Vergleich mit Daten aus Deutschland als ein Vertreter der westlichen Kultur, dass die vorunterrichtlichen Vorstellungen zur Energie bei mosambikanischen Schülerinnen und Schülern Ähnlichkeiten mit westlichen Schülerinnen und Schüler aufweisen, aber auch deutliche Unterschiede, die vermutlich in Alltagskultur und Sprache begründet sind.

### **Stand der Forschung, Arbeitsdefinition Kultur und Forschungsfrage**

Die vorunterrichtlichen Schülervorstellungen in westlichen und asiatischen Kulturen gelten als gut erforscht. Die vorliegenden Studien deuten darauf hin, dass die vorunterrichtlichen Schülervorstellungen ähnlich sind (z. B. Scott et al. 2007). Die Frage nach möglichen kulturellen vorunterrichtlichen Unterschieden ist damit nicht abschließend entschieden. In Subsahara-Afrika liegen Studien zu vorunterrichtlichen Schülervorstellungen zur Physik nur vereinzelt vor, z. B. in Mosambik zur Wärme (Halar & Laukenmann, 2017). Zu vorunterrichtlichen Schülervorstellungen zur Energie liegen bisher noch keine Daten vor.

Was ist unter kulturellen Ausprägungen zu verstehen? Wir gehen von folgender Arbeitsdefinition aus. Nach Aikenhead (1996) ist Kultur ein geordnetes System von Bedeutungen und Symbolen, das in den Individuen einer Kultur mental repräsentiert ist, und in dem soziale Prozesse stattfinden. Mit dieser Definition lassen sich Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Kulturen identifizieren (s. Scott et al., 2007; Keller, 2011 und Mutz, 2015). Insbesondere zeigt Keller (2001), dass die afrikanischen Kulturen südlich der Sahara einander ähnlich sind, sich aber deutlich von den westlichen Kulturen unterscheiden. Beispiele für kulturelle Unterschiede sind die Familie und der Animismus: Anders als in Deutschland bedeutet in Mosambik eine große Familie an sich Wohlstand und Reichtum. Im Animismus sind alle Dinge beseelt oder von Gott durchdrungen. Eine Kultur wird durch die Um- oder Lebenswelt beeinflusst und kann sich in ihrer Sprache zeigen. Damit können kulturelle Unterschiede in den vorunterrichtlichen Schülervorstellungen insbesondere durch die Um- oder Lebenswelt entstehen oder in der Sprache finden. Wir stellen daher die folgende Forschungsfrage: *Unterscheiden sich die vorunterrichtlichen Vorstellungen zur Energie von Schülerinnen und Schülern aus der Subsahara und westlichen Schülerinnen und Schülern?*

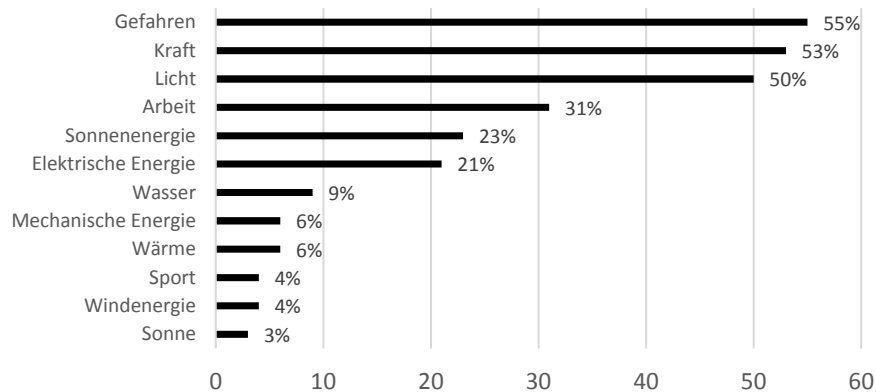
### **Stichprobe und Design**

Als Vertreter der westlichen Kultur werden deutsche Schülerinnen und Schüler gewählt, da hierzu aktuelle Daten vorliegen (Crossley & Starauschek, 2009). Es sollen auch Unterschiede zwischen zwei Subsaharakulturen, die sich in Sprache und Lebenswelt unterscheiden, untersucht werden: Eine städtische und eine ländliche Kultur aus dem Staat Mosambik. In jedem der drei Kulturräume wird eine andere Sprache gesprochen: Deutsch in Deutschland, Changana in Chongoene (ländliche Region in der Provinz Gaza), Portugiesisch in den Städten, hier in Xai-Xai (Provinzhauptstadt, ca. 140.000 Einwohner). Zudem unterscheiden sich die Lebenswelten in Xai-Xai und in Chongoene (ca. 16 km östlich von Xai-Xai) erheblich. Die Menschen auf dem Land arbeiten überwiegend körperlich (vgl. Mosca, 2014). Arbeit hat in der ländlichen Kultur deshalb eine andere – auch sozial andere – Bedeutung als in der Stadt. Die Umwelteinflüsse sind in ganz Mosambik ähnlich, unterscheiden sich aber stark von Deutschland. Die vorunterrichtlichen Vorstellungen zur

Energie, insbesondere die Assoziationen zum Wort „Energie“, werden mit einem offenen Fragebogen nach Duit (1986) und Crossley & Staraschek (2009) erhoben, der in Portugiesisch und in Changana übersetzt wurde. Wir geben ein Beispiel für die Übersetzung. Eine der drei Fragen lautet: *Woran denkst du, wenn du das Wort „Energie“ hörst?* Auf Portugiesisch: *Em que é que tu pensas quando ouves a palavra energia?* Auf Changana: *Insvini wusvipimisaka loku wutwa a rito lelinge Energia?* Die Antworten der Probanden wurden induktiv-inhaltsanalytisch ausgewertet (vgl. Mayring, 2010); bei ausreichender Interkoderreliabilität ( $\kappa = 0,78$ ). Die Stichprobe umfasst 160 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe sieben, je 40 Schülerinnen und Schüler aus Chongoene und Xai-Xai im Alter von zehn bis 16 Jahren ( $M = 12.63$ ;  $SD = 1.24$ ).

### Ergebnisse

Die Antworten für beide Subsahara-Kulturen lassen sich in 12 Assoziationen zum Wort



1 Abbildung 1: Gruppierung der Assoziationen beider Subsahara-Kulturen zum Wort

Die Assoziation „Gefahren“ tritt mit 55% am häufigsten auf. Für den kulturellen Vergleich (Abb. 2) verwenden wir nur die häufigsten Nennungen. Für Mosambik sind dies „Gefahren“, „Kraft“, „Licht“, „Sonnenenergie“ und „elektrische Energie“. Aus Deutschland kommt die häufigste Nennung „Elektrischer Strom“ hinzu (Crossley & Staraschek, 2009). Sie kommt in Mosambik nicht vor (Abb. 2).

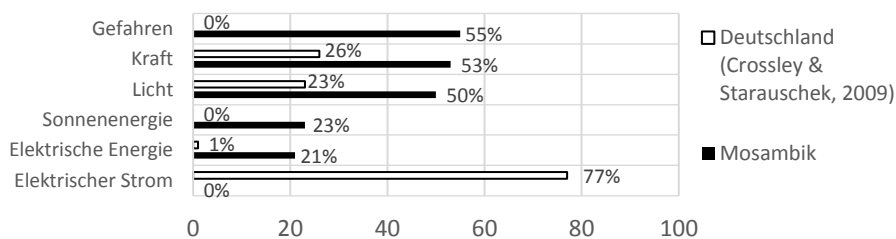


Abbildung 2: Vergleich zwischen Subsahara-Kulturen und deutscher Kultur

Im Gegenzug werden die Assoziation „Gefahren“ und „Sonnenenergie“ in Deutschland im Jahr 2007 nicht genannt. Die Nennungen „Kraft“ und „Licht“ kommen in allen Kulturen vor, sind aber in Mosambik viel deutlicher ausgeprägt. Auch zwischen den beiden Kulturen aus Mosambik treten deutliche Unterschiede auf (Abb. 3).

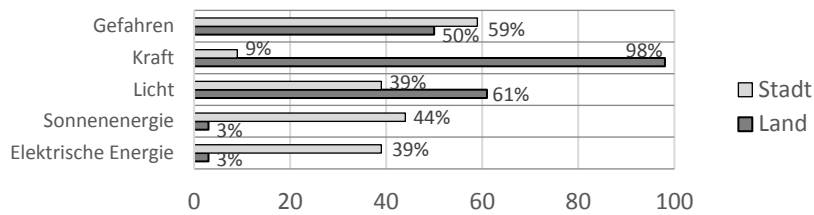


Abbildung 3: Vergleich zwischen den beiden mosambikanischen Kulturen (Mehrfachnennungen)

In beiden mosambikanischen Kulturen wird „Gefahren“ und „Licht“ etwa mit gleicher Häufigkeit mit dem Begriff Energie assoziiert. Deutliche Unterschiede treten zwischen städtischer und ländlicher Kultur in Mosambik bei Kraft, Sonnenenergie und elektrischer Energie auf. Wir können aus den Daten schließen, dass sich kulturelle Unterschiede bei den vorunterrichtlichen Assoziationen zur „Energie“ zwischen allen drei Kulturen zeigen. In Deutschland wird Energie mit dem elektrischen Strom assoziiert. In Mosambik findet sich diese Assoziation nicht, da im Alltag von „Energia eléctrica“ die Rede ist. Es gibt im Portugiesischen zwar den Begriff *corrente eléctrica*, dieser wird aber im Alltag nicht verwendet. In Changana gibt es kein eigenes Wort für „elektrischen Strom“. Eine Ursache für die häufige Assoziation „Gefahr“ liegt möglicherweise in tatsächlichen Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Netz und elektrischen Geräten. Wir deuten jetzt die Unterschiede zwischen den beiden Subsahara-Kulturen. Kraft als Assoziation zur Energie spielt in der ländlichen Chongoene-Kultur eine dominante Rolle, da diese mit körperlicher Arbeit, die Kraft braucht, verbunden ist. Sonnenenergie und elektrische Energie spielen in der ländlichen Chongoene-Kultur fast keine Rolle, anders im städtischen Xai-Xai. Licht und Sonnenenergie werden häufig mit Energie assoziiert, was an der Verwendung von Solarzellen (auch „solar“ als Lehnwort in Changana) in vielen mosambikanischen Gebieten, sowohl auf dem Land als auch in der Stadt, liegen könnte. Auf dem Land existiert auch kein elektrisches Netz (vgl. Sebastiao, Carvalho & Dai, 2013); dies erklärt das Fehlen der Assoziation „Energia eléctrica“. Bleibt noch zu klären, wie die ungleiche Verteilung in den Kategorien Sonnenenergie und elektrischer Energie zu Stande kommt. Tabelle 1 zeigt, dass es in Changana einen sprachlichen Kern für Energie gibt, das Wort „Gezi“ (gesprochen ges), der Licht, elektrische Energie und Sonnenenergie verbindet und daher öfter assoziiert wird:

| Deutsch             | Portugiesisch     | Changana    |                                      |
|---------------------|-------------------|-------------|--------------------------------------|
| Licht               | Luz               | <b>Gezi</b> | A <b>Gezi</b> la Xitimela kuwona!    |
| Elektrische Energie | Energia eléctrica | <b>Gezi</b> | A Djoni kuni xitimela xa <b>Gezi</b> |
| Sonnenenergie       | Energia solar     | <b>Gezi</b> | Xa <b>Gezi</b> la solari anisexiwona |

Tabelle 1: Die Übersetzungen der drei Assoziationen „Licht“, „Sonnenenergie“, „elektrische Energie“ und „elektrischer Strom“ in die Sprachen portugiesisch und Changana.

Im Portugiesischen sind diese drei phänomenologischen Gegenstände hingegen mit Wörtern unterschiedlicher Bedeutungen belegt, ebenso im Deutschen. Für die Zuordnung der Bedeutung in Changana in die jeweilige Kategorie ist deshalb der Kontext wichtig. Z. B. spricht ein Proband beim ersten Fall „A Gezi la Xitimela kuwona!“ davon, dass der Raum beleuchtet wird. Er meint deshalb mit dem Wort „Gezi“ begrifflich das Licht.

### Zusammenfassung

Unsere Studie zeigt, dass einige vorunterrichtliche Schülervorstellungen zur Energie aus zwei Subsahara-Kulturen in Mosambik denen der westlichen Schülerinnen und Schüler ähneln, dass aber auch Unterschiede existieren. Diese sind vermutlich durch Kultur, z. B. körperliche Arbeit auf dem Land, durch die Um- und Lebenswelt und durch einen unterschiedlichen Sprachgebrauch geprägt. Das Portugiesische unterscheidet z. B. „Luz“, „energia solar fotovoltaica“ und „Energia eléctrica“. Auf Changana sind alle drei mit „Gezi“ verbunden.

**Literaturverzeichnis**

- Aikenhead, G. S. (1996). Science Education: Border Crossing into the Subculture of Science Studies, 27, 1–52.
- Crossley, A., & Starauschek, E. (2009). Schülervorstellungen zur Energie: Eine Replikationsstudie. *Didaktik der Physik - Frühjahrstagung Bochum*, NiU 34(2).
- Duit, R. (1986a). Der Energiebegriff im Physikunterricht. Habilitationsschrift. Universität Kiel. Kiel: IPN.
- Gropengießer H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biomedizinischen Forschung*, Springer, Berlin, 105–116.
- Halar, A. M., Laukenmann, M. (2017). Sind vorunterrichtliche Vorstellungen zu Wärme und Temperatur auch kulturell geprägt? In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie – und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Regensburg. IPN- Kiel, 38, 380–383.
- Keller, H. (2011). *Kinderalltag: Kulturen der Kindheit und ihre Bedeutung für Bindung, Bildung und Erziehung*. Berlin: Springer. Abgerufen von <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10454876>
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11. aktualisierte und überarb. Aufl.). *Studium Pädagogik*. Weinheim: Beltz.
- Mosca, J. (2014). *Agricultura Familiar em Mocambique: Ideologias e Políticas*. Centro de Estudos sobre África, Ásia e América Latina.
- Mutz, M. (2015). Kultur und kulturelle Unterschiede: Theoretische und empirische Präzisierungen. In U. Burmann, M. Mutz & U. Zender (Hrsg.), *Jugend, Migration und Sport. Kulturelle Unterschiede und die Sozialisation zum Vereinssport*. Wiesbaden: Springer Verlag.
- Sebastiao, A. P., Carvalho, R. M., Dai, J. T. (2013). *O Modelo da Eletrificacao de Mocambique: A Importancia do Combate à Desflorestacao no Meio Rural*. Dissertacao. Lisboa.
- Scott, P., Asoko, H., & Leadch, J. (2007). Student Conceptions and Conceptual Learning in Science. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on Science Education*. London: LEA.

Horst Schecker<sup>1</sup>  
 Thomas Wilhelm<sup>2</sup>  
 Martin Hopf<sup>3</sup>  
 Reinders Duit<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universität Bremen  
<sup>2</sup>Universität Frankfurt a.M.  
<sup>3</sup>Universität Wien  
<sup>4</sup>IPN Kiel

## **Schülervorstellungen - Forschungsstand, Konsequenzen Desiderata**

Die Erforschung der Vorstellungen von Lernenden über Begriffe und Phänomene der Physik ist das international wohl erfolg- und ertragreichste Themengebiet der Physikdidaktik. Die Arbeiten begannen bereits in den 1970er Jahren. Abbildung 1 veranschaulicht die Dynamik der Forschung zu Schülervorstellungen und – zeitversetzt – zu Unterrichtskonzeptionen anhand der Publikationen, die in der bis 2009 von Duit (2009) geführten Bibliographie dokumentiert sind.

Das Forschungsprogramm lässt sich grob in drei überlappende Phasen mit unterschiedlichen Schwerpunkten einteilen:

### *Phase 1: Fehlvorstellungen identifizieren*

- Beschreibung häufig anzutreffender und zu korrigierender (oder „auszumerzender“) Missverständnisse (z. B. zu den physikalischen Konzepten Kraft/ Energie, Stromstärke/ Spannung oder Temperatur/ Wärme)
- Begriffe „Fehlvorstellungen“, „misconceptions“
- Methoden: schriftliche Tests
- exemplarische Veröffentlichungen: Viennot (1979); Warren (1979)

### *Phase 2: Schülervorstellungen verstehen*

- Schülervorstellungen als gedankliche Leistungen eines eigenen Vorstellungsgebäudes mit (begrenzter) innerer Logik und Parallelen zur Ideengeschichte physikalischer Konzepte
- Begriffe: „Schülervorstellungen“, „Alltagsvorstellungen“, „alternative frameworks“, „mentale Modelle“
- Methoden: Interviews, Tests, Unterrichtsbeobachtung
- exemplarische Veröffentlichungen: Jung, Wiesner und Engelhard (1981); Driver (1981); Schecker (1985)

### *Phase 3: Unterrichtsstrategien entwickeln*

- Entwicklung übergreifender und themenspezifischer Unterrichtskonzeption auf Basis der Schülervorstellungsforschung (umgehen, anknüpfen, konfrontieren)
- Begriffe: Schülervorstellungen, Conceptual Change
- Methoden: teaching experiments, Design-based Research
- exemplarische Veröffentlichungen: Wiesner (1994); Duit, Komorek und Wilbers (1997); Spatz, Hopf, Wilhelm, Waltner und Wiesner (2018)

Auf Jahrestagungen der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP) fanden in den 1980er Jahren eine Reihe von Workshops zu Schülervorstellungen statt. Die Berichte darüber (u. a. Jung, 1981, Aufschnaiter et al., 1990) zeugen von intensiven Diskussionen und einem schwierigen Weg zu einem Forschungsparadigma. Wichtige Fragen in der Schülervorstellungsforschung lauteten:

- Werden Schülervorstellungen situativ erzeugt oder werden in einer (Test-) Situation im kognitiven System angelegte Strukturen aktiviert?
- Handelt es sich um unstrukturierte Fragmente („knowledge in pieces“; diSessa, 1988) oder um theorieähnliche kohärente Systeme (Vosniadou & Ioannides, 1998)?
- Sind Schülervorstellungen episodisch organisiert oder begrifflich?
- Ist Conceptual Change ein kontinuierlicher Prozess oder ein „Umschalten“ zwischen unvereinbaren Konzeptualisierungen?

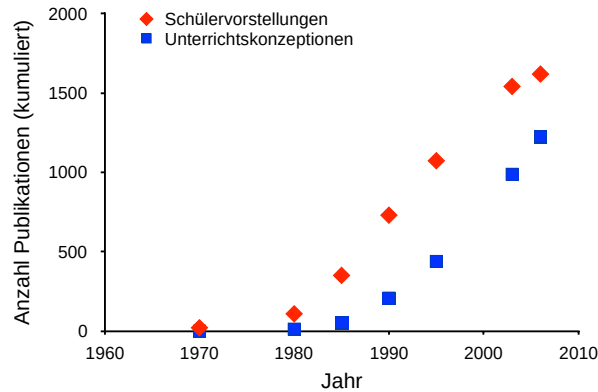


Abb. 1: Publikationen in Duit (2009) in den Rubriken „Untersuchungen zu Schülervorstellungen Physik“ und „Unterrichtskonzeptionen mit Berücksichtigung von Schülervorstellungen“ (nach Schecker & Duit, 2018)

Trotz der auch heute noch nicht abgeschlossenen Debatte (z.B. Graham, Berry & Rowlands, 2013) lässt sich der erreichte Forschungsstand folgendermaßen beschreiben:

- Schüler bringen ein Inventar von Vorstellungen zu Begriffen und Phänomenen mit, die sich im Alltag bewährt haben.
- Die Vorstellungen liegen häufig quer zu physikalischen Konzepten.
- Man kann viele Schülerhandlungen und -aussagen auf eine begrenzte Anzahl typischer Vorstellungen zurückführen.
- Schülervorstellungen erscheinen in sich widersprüchlich und können dennoch eine innere Logik aufweisen.
- Sie sind widerstandsfähig gegen Unterricht und müssen daher bei der Unterrichtsplanung nachdrücklich berücksichtigt werden.
- Lernangebote werden auf Grundlage der vorhandenen Vorstellungen verarbeitet.
- Conceptual Change bedeutet das Entwickeln und Bewusstmachen physikalischer Vorstellungen – nicht das Eliminieren von Schülervorstellungen.
- Conceptual Change ist keine rein rationale Entscheidung, sondern hat situative, motivationale, affektive und soziale Aspekte.

Eine pragmatische Antwort auf die Frage „Was sind Schülervorstellungen?“ lautet: Schülervorstellungen sind *Als-ob-Vorstellungen*. Lernende äußern sich z. B. in der Mechanik so und bearbeiten Aufgaben so, *als ob* sie davon ausgingen, Kraft sei eine speicherbare universelle Wirkungsfähigkeit (statt einer Größe zur Beschreibung der Intensität von Wechselwirkungen). Mit *Als-ob-Vorstellungen* wird die Frage nach der Existenz von Vorstellungen im kognitiven System der Schüler ausgeklammert. Jung (1978) hat das so ausgedrückt: „Spezielle Vorstellungen und Kategoriensysteme, die einzelnen Schülern zugeschrieben werden, sind Konstrukte oder hypothetische Systeme, die aus Indizien erschlossen werden.“

Für die Entwicklung von Unterricht sind Schülervorstellungen als Lernvoraussetzungen von ebenso hoher Bedeutung wie die physikalischen Sachstrukturen. Fachliche Klärungen und Schülerperspektiven sind wechselseitig aufeinander zu beziehen. Dies kommt im Modell der Didaktischen Rekonstruktion zum Ausdruck (Abb. 2). Dabei ist zu entscheiden, ob einzelne

spezielle Vorstellungen oder übergeordnete Denkrahen (Schemata) zu berücksichtigen sind. Bei elektrischen Stromkreisen betrifft der Conceptual Change z. B. das System-Denken: Alle Bauteile wirken vernetzt zusammen, jede lokale Veränderung hat globale Folgen. Dem steht bei Schülerinnen und Schüler das lokale Denken und das Geben-Nehmen-Schema entgegen: Die Batterie entscheidet, wie viel ‚Strom‘ sie gibt, und die Lampe, wie viel sie bekommt.

Hinsichtlich der Grundanlage geeigneter Unterrichtskonzeptionen lassen sich Konfliktstrategien (Schülervorstellungen konfrontieren) und Anknüpfungsstrategien (problematische Vorstellungen umgehen oder umdeuten und ausbaufähige Vorstellungen aufgreifen) unterscheiden (Wilhelm & Schecker, 2018).

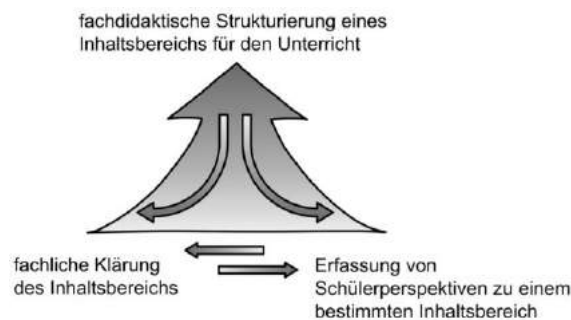


Abb.2: Fachliche Struktur und Schülervorstellungen als gleichberechtigte Faktoren für die Planung von Unterricht (Abb. nach Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997)

Schecker, Wilhelm, Hopf und Duit (2018) haben den Erkenntnisstand über Schülervorstellungen in einem Lehrbuch für Studierende und Referendare aufgearbeitet. Dabei zeigten sich einige Desiderata:

- Studien zur Replikation oder zur Aktualisierung von Befunden bieten sich besonders in Bereichen an, in denen Veränderungen beim Erkenntnisstand möglich erscheinen (z. B. Energievorstellungen; Crossley & Starauschek, 2010)
- Die Entwicklung und Validierung, curricular valider standardisierter Tests bleibt eine Herausforderung (z. B. Elektrizitätslehre; Urban-Woldron & Hopf, 2012).
- Qualitative Lernprozessanalysen und die Rekonstruktion von Lernpfaden einzelner Schülerinnen und Schüler (z. B. zur Quantenphysik von Petri, 1996) wurden gegenüber quantitativen Studien vernachlässigt.
- Es gibt immer noch Themenbereiche, die wenig erschlossen sind, besonders zu Themen der gymnasialen Oberstufe, z. B. Relativitätstheorie, elektromagnetische Strahlung und Wellen, Astrophysik und Kosmologie, Radioaktivität.
- Die Entwicklung von in der Unterrichtspraxis nachweislich lernwirksamen Unterrichtskonzeptionen bedarf langjährig angelegten Design-Based Research (z. B. zur Mechanik von Wilhelm, Tobias, Waltner, Hopf & Wiesner, 2012; zum Spannungskonzept von Burde, 2018).
- Studien zu Learning Progressions können die Unterrichtsentwicklung durch das Aufzeigen von Stufen und Entwicklungszügen des Verständnisses zentraler Konzepte befördern (zu Materie z. B. Hadenfeldt, Neumann, Bernholt, Liu & Parchmann, 2016).

Diese Liste zeigt, dass das Forschungsprogramm „Schülervorstellungen“ trotz der langen Forschungstradition weiterhin ein hohes Potenzial für Forschungsprojekte und Qualifikationsarbeiten aufweist.



## Literatur

- Aufschnaiter, S. v., Duit, R., Fischer, H. E., Jung, W., Kircher, E. & Rhöneck, C. v. (1990). Workshop "Schülervorstellungen im Kontext von Denk- und Lernprozessen". In K. H. Wiebel (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Kassel, September 1989* (S. 247). Alsbach: Leuchtturm.
- Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. Berlin: Logos.
- Crossley, A. & Staraschek, E. (2010). Schülerassoziationen zur Energie. Ergebnisse auf Kategorienebene. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- diSessa, A. A. (1988). Knowledge in Pieces. In G. Forman & P. B. Pufall (Hrsg.), *Constructivism in the Computer Age* (S. 49-70). Hillsdale NJ: Earlbaum.
- Driver, R. (1981). Pupils' alternative frameworks in science. *European Journal of Science Education*, 3(1), 93-101.
- Duit, R. (2009). STCSE: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education (Bibliography). Available from Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/>
- Duit, R., Komorek, M. & Wilbers, J. (1997). Studien zur didaktischen Rekonstruktion der Chaostheorie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 19-34.
- Graham, T., Berry, J. & Rowlands, S. (2013). Are 'misconceptions' or alternative frameworks of force and motion spontaneous or formed prior to instruction? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 44(1), 84-103. doi:10.1080/0020739X.2012.703333
- Hadenfeldt, J. C., Neumann, K., Bernholt, S., Liu, X. & Parchmann, I. (2016). Students' progression in understanding the matter concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 683-708. doi:10.1002/tea.21312
- Jung, W. (1978). Zum Problem der "Schülervorstellungen". *physica didactica*, 5, 125-146.
- Jung, W. (1981). Der naturwissenschaftliche Unterricht und die Technologien der achtziger Jahre. Bemerkungen zur Jahrestagung der GDGP in Berlin (21.-24.9.1981). *physica didactica*, 52-55.
- Jung, W., Wiesner, H. & Engelhard, P. (1981). *Vorstellungen von Schülern über Begriffe der Newtonschen Mechanik*. Bad Salzdetfurth: Franzbecker.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3, 3-18.
- Petri, J. (1996). *Der Lernpfad eines Schülers in der Atomphysik*. Aachen: Mainz.
- Schecker, H. (1985). *Das Schülervorverständnis zur Mechanik. Eine Untersuchung in der Sekundarstufe II unter Einbeziehung historischer und wissenschaftstheoretischer Aspekte*. (Dissertation), Universität Bremen.
- Schecker, H. & Duit, R. (2018). Schülervorstellungen und Physiklernen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 1-21). Berlin: Springer.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Berlin: Springer.
- Spatz, V., Hopf, M., Wilhelm, T., Waltner, C. & Wiesner, H. (2018). Eine Einführung in die Mechanik über die zweidimensionale Dynamik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. doi:10.1007/s40573-018-0074-y
- Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 201-227.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205-221.
- Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.
- Warren, J. W. (1979). *Understanding Force*. London: Murray.
- Wiesner, H. (1994). Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 22, 7-15.
- Wilhelm, T. & Schecker, H. (2018). Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 39-61). Berlin: Springer.
- Wilhelm, T., Tobias, V., Waltner, C., Hopf, M. & Wiesner, H. (2012). Einfluss der Sachstruktur auf das Lernen Newtonscher Mechanik. In H. Bayrhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, L.-H. Schön, H. J. Vollmer & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Formate Fachdidaktischer Forschung* (S. 237-258). Münster: Waxmann.

### The meaning of the German expression „elektrische Spannung“

In this article, I want to show, that the expression “elektrische Spannung” is unique for the German language area and not well-defined. Different German textbooks show slightly different meanings behind this expression and international/English textbooks use two expressions for the underlying conception of the German “Spannung”. I want to investigate and clarify these different traditions of conceptions and their relation with each other. Additionally, I want to show the importance of this clarification for physics education and finally give a tentative suggestion for a unambiguous definition for both the German “elektrische Spannung” and the English “voltage”.

#### “Elektrische Spannung” in physics education

Physics education investigates the conception of “Spannung” since more than 30 years (e.g. Rhöneck, 1986; Müller, 2012; Burde, 2015; Urban-Woldron, 2012; Peşman, 2010). Some important statements are:

- The “Spannung” is regarded as an abstract and very difficult concept, for both learning and teaching.
- Many alternative conceptions can be found for “Spannung”.
- There is an ongoing debate whether to start teaching with the “Spannung” or the potential.

#### The “Elektrische Spannung” in German textbooks

The „Spannung“ is generally defined, as claimed by the textbooks, in the context of electrostatics as the potential difference  $U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = \int_1^2 \vec{E} d\vec{r}$  (in some textbooks, e.g. Demtröder, 2006; Raith, 2006). Here, the integral over the electric field  $\vec{E}$  is not part of the definition, but follows due to the definition of the potential  $\varphi$  in electrostatics. In other textbooks, we find the definition  $U_{12} = - \int_1^2 \vec{E} d\vec{r}$  (Meschede, 2015). Both definitions are connected to the work, i.e. the change of potential energy  $\Delta E = W_{12} = (-)QU_{12}$ , with the sign being depending in the definition of the “Spannung”. The different signs in the definitions lead to different results for calculating a “Spannung” in a specific problem. Furthermore, the first definition is only useful in the context of electrostatics, where the scalar potential  $\varphi$  is a useful quantity.

An entirely different context where the “Spannung” shows up, is the magnetic induction as the so called “Induktionsspannung”  $U_{ind} = -d\Phi_m/dt$ . Although all German textbooks provide this relation, its connection to the “Spannung” of electrostatics stays unclear. The “Induktionsspannung” cannot generally be expressed as a potential difference, which leads to inconsistencies with the first “general” definition. In addition, the potential energy usually relates to a scalar potential and a conservative field, which is not present for magnetic induction.

As an example of a German textbook for theoretical electrodynamics, we use “Elektrodynamik” by (Fließbach, 2012). This textbook does not provide any specific definition for the “elektrische Spannung”, but introduces the term as a name for a potential difference  $\phi_1 - \phi_2$ . In the context of magnetic induction, the term “induzierte Spannung” is used without discussing a connection to a potential difference. For the most part, this book does not use the concept “Spannung”, but the electromagnetic fields and especially the

electromagnetic potentials  $\phi$  and  $\vec{A}$ . We have to conclude that a concept “Spannung” is not important for (German) theoretical physics.

The above is only a brief overview of how heterogeneously the expression “Spannung” is used in German textbooks, to some extent even in an inconsistent or confusing manner.

*Sidenote to electromagnetic potentials:*

We can write the electric field with the electromagnetic potentials as  $\vec{E} = -\vec{\nabla}\phi - \partial\vec{A}/\partial t$ . The two contributions of the electrical field describe different aspects of the field and have different sources. The gradient of the potential describes the conservative or gradient field and originates from a charge distribution. On the other side, the change of vector potential characterizes the rotational field, which results only from the change of magnetic field. Imagine an electric circuit made of a wire loop connected to a resistor, e.g. a lamp. Applying a changing magnetic field, located at the wire loop, leads to a finite changing vector potential. With the electric field being zero inside the wire, there is a finite gradient of the scalar potential opposing the vector potential and thus a potential difference in the leads to the lamp. Figure 1 shows an elevation profile of the potential  $\phi$  in a 2D representation of the circuit, the wire loop on the left, the lamp on the right. Blue field lines indicate a gradient in potential and the green field line the change of vector potential. This serves as a simple example of the role of the electromagnetic potentials in an electric circuit.

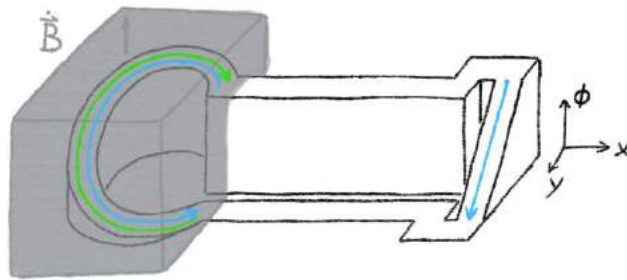


Figure 1: Elevation profile of the potential in an electric circuit of wire loop (left) and lamp (right).

### The “elektrische Spannung” in English textbooks

Dictionaries suggest “voltage” as a translation for “Spannung”. Standard English textbooks (Tipler & Mosca, 2004; Halliday, Resnick & Walker, 2011; Griffiths, 2008; Jackson, 2001) imply that voltage is not a construct on its own, but an optional name for values that have the unit volt. The actual physical concepts are the electric potential  $\phi$  (or  $V$ ), and accordingly the potential difference, and the electromotive force (emf)  $\mathcal{E}$ . Indeed, there is no direct translation of the German concept “Spannung” into English, but it falls apart in the two aforementioned concepts.

An emf, not widely known in the German language area, represents the energy per unit charge that can be transferred into an electric system/circuit by another system. Mathematically it is the non-zero integral over any kind of force field  $\vec{f}$  along a closed path  $\gamma$ ,  $\mathcal{E}_\gamma = \oint_\gamma \vec{f} \cdot d\vec{l} \neq 0$ . For magnetic induction, this force field is the changing vector potential depicted as the green field line in figure 1. Another typical example for an emf is the chemical potential difference of a battery that causes an electric potential difference, depicted in figure 2. The underlying force fields are a chemical force (green arrow) due to the battery that causes in return an electric field (red arrow). This represents Newton’s

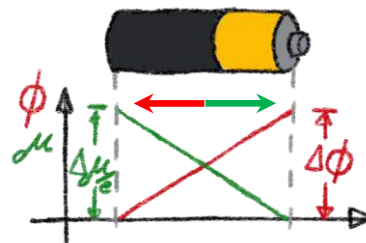


Figure 2: Battery with chemical (green) and electrical (red) potentials between its terminals.

third law, i.e. an interaction of two systems – the chemical system of the battery and the electric circuit – and thus a possible energy transfer. Therefore, a potential difference and an emf actually do not differ in their concept, but to which system they refer. This description in many English textbooks seems inconsistent as well and implies a general construct would be useful.

### Implications for physics education

The above is best described as a bundle of, in part confusing and inconsistent, traditions of conceptions. Despite being useful, there is not one specific and well-defined construct of “Spannung” or voltage. It is not canonized. This might not be regarded as a problem in physics as a science, but it is a problem for physics education and teaching. To develop a didactical reconstruction of a topic, a coherent professional basis is necessary. Otherwise, the construct has only a limited spectrum of possible intentions of teaching and lacking comparability of elements of the reconstruction, e.g. voltage as potential difference and as an emf.

Furthermore, although there might be a distinguishable consensus about the topics of content knowledge, these topics and their arrangements might not necessarily lead to a consistent and physically meaningful conception.

This canonization process of basic physics is far off the latest research with which science is dealing, but closer to the process of reconstructing content for teaching. Thus, I suggest, that creating and defining useful physical constructs, that can serve as a professional basis for teaching, is a task of physics education.

Presumably, this is not only true for the constructs “Spannung”/voltage, but for other physical constructs as well.

### Possible definition of voltage and its background

One can use the above-described different traditions to create a unique and meaningful construct. Here I present one possible definition: An “elektrische Spannung” or voltage, produced by a system  $A$  along a path  $\gamma$ , is the integral over any force per unit charge  $\vec{f}_A$  of the system  $f_A = F_A/q$  along this path  $U_\gamma^A = \int_\gamma \vec{f}_A \cdot d\vec{l}$ .

The physical meaning becomes apparent when looking at the background of this definition. With the potential energy being so closely related to the potential and a conservative field, it might be misleading in respect with magnetic induction and not a good basis for a definition. A more purposive basis might be the energy transfer due to any electric interaction of systems. The exact formula for the energy transfer inside a volume can be used as a definition of the voltage. The power is depending on the current density  $\vec{j}$  and the force field  $\vec{f}_A$

$$P = - \int_V \vec{j} \cdot \vec{f}_A d^3r = -I \int_\gamma \vec{f}_A \cdot d\vec{l} \equiv -IU.$$

The minus represents, whether the system is losing or gaining energy. For the definition, the parameterization of the volume is key to extract the current from the integral. The minus is not used for the definition of the voltage to ensure an always-positive value for the resistance  $R = U/I$ . It does not seem reasonable to use only the electric field as the force field. Possible force fields of different systems: negative gradient of a potential of a charge distribution  $-\vec{\nabla}\phi$ , negative change of vector potential of a magnetic field  $-\partial_t \vec{A}$ , gradient of a chemical/thermodynamic system  $-\vec{\nabla}\mu$ , Lorentz force of a moving mechanical system  $\vec{v} \times \vec{B}$ . In this framework, the example in fig. 1 represents three interacting systems – magnetic field, electric circuit and lamp. The magnetic field produces a voltage along the wire loop due to its changing vector potential, which causes a potential drop in the electric circuit. At the lamp, a resistive force produces a voltage opposing the potential drop. Depending on the current in the circuit, a certain amount of energy is transmitted.

With this article, I want to suggest the importance of creating and further canonizing physical content as part of the educational process of reconstruction in physics education.

### Literatur

- Burde, J.-P., Wilhelm, T. (2015). Akzeptanzbefragung zum Elektronengasmodell. PhysDid B. DD 03.01
- Demtröder, W. (2006). Experimentalphysik 2 – Elektrizität und Optik. Springer Berlin Heidelberg
- Fließbach, T. (2012). Elektrodynamik – Lehrbuch zur Theoretischen Physik II. Springer Berlin Heidelberg
- Griffiths, D. J. (1999). Introduction to Electrodynamics. Prentice Hall Upper Saddle River
- Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. (2011). Fundamentals of Physics. Wiley New York
- Jackson, J. D. (1998). Classical Electrodynamics. Wiley New York
- Meschede, D. (Hrsg.) (2015). Gerthsen Physik. Springer Berlin Heidelberg
- Peşman, H., Eryılmaz, A. (2010). Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. The Journal of Educational Research 103. 3. 208 - 222
- Raith, W. (2006). Bergmann/Schaefer – Lehrbuch der Experimentalphysik – Band 2 Elektromagnetismus. De Gruyter Berlin New York
- Rhöneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis (und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand). In Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie 34. 13. 10 - 14
- Tipler, P. A., Mosca, G. (2004). Physics for Scientists and Engineers. Freeman New York
- Urban-Woldron, H., Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 18

Lana Ivanjek<sup>1</sup>  
 Martin Hopf<sup>1</sup>  
 Jan-Philipp Burde<sup>2</sup>  
 Thomas Wilhelm<sup>2</sup>  
 Liza Dopatka<sup>3</sup>  
 Verena Spatz<sup>3</sup>  
 Thomas Schubatzky<sup>4</sup>  
 Claudia Haagen-Schützenhöfer<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universität Wien  
<sup>2</sup>Goethe-Universität Frankfurt  
<sup>3</sup>Technische Universität Darmstadt  
<sup>4</sup>Karl-Franzens-Universität Graz

## Entwicklung eines Testinstruments zum einfachen Stromkreis

### Hintergrund

Der einfache Stromkreis ist ein üblicher Bestandteil des Curriculums der Sekundarstufe I. Forschungsergebnisse zeigen aber, dass die Elektrizitätslehre, vor allem der Begriff der Spannung, eine große Herausforderung für viele Schüler/innen darstellt. Das ist sowohl nach dem Elektrizitätslehreunterricht am Ende der Sekundarstufe I der Fall, als auch auf universitärem Niveau. Die Forschungsarbeiten u.a. von McDermott & Shaffer (1992), und Rhöneck (2011) konnten zeigen, dass die folgenden Schülervorstellungen von Lernenden oftmals vertreten werden: elektrischer Strom als Substanz, Stromstärke als primäres Konzept, fehlende Differenzierung von Spannung und Strom, Batterie als konstante Stromquelle, Stromverbrauchsvorstellung, inverse Widerstandsvorstellung, sequentielle Argumentation, Abhängigkeit der Stromstärke von der Entfernung zur Batterie, lokales Denken und Probleme mit der topologischen Struktur von Stromkreisen.

Um den Elektrizitätslehreunterricht in der Sekundarstufe I zu verbessern, wird ein groß angelegtes Design-Based-Research Projekt in Bayern, Hessen, Wien/Niederösterreich und der Steiermark durchgeführt. Das Ziel des Projektes besteht sowohl in der forschungsgeleiteten Entwicklung von didaktisch fundierten Unterrichtszugängen zur Elektrizitätslehre als auch in der empirisch-quantitativen Evaluation ihrer Erfolgsbedingungen. Grundlage hierfür ist das in Frankfurt entwickelte Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells (Burde et al., 2014; Burde, 2018) und ein kontextorientiertes Unterrichtskonzept, das die Interessen der Mädchen in besonderem Maße berücksichtigt, sowie ein kontextorientiertes Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells. Im Rahmen der internationalen Studie soll dann u.a. der Einfluss des Elektronengasmodells, der Kontextorientierung und einer Kombination von beiden auf das konzeptionelle Verständnis sowie auf affektive Merkmale untersucht werden. Um die Einflüsse dieser Interventionen auf den fachlichen Lernerfolg messen zu können, wurde ein zweistufiges Testinstrument zum einfachen Stromkreis konstruiert. Der Vorteil der Zweistufigkeit besteht insbesondere darin, dass die Kombination von Antwort (erste Stufe) und Begründung (zweite Stufe) die Diagnose von gut dokumentierten Schülervorstellungen erlaubt.

### Testentwicklung

In der ersten Phase (September und Oktober 2017) wurden neun halbstrukturierte Interviews mit Schülern/innen im Alter von 14 bis 15 Jahren zum einfachen Stromkreis durchgeführt. Die Interviews dauerten zwischen 17 und 48 Minuten und wurden transkribiert, analysiert, in kurze Aussagen zusammengefasst und kodiert, um aus den Antworten der Interviews Distraktoren für die neuen Testitems bilden zu können.

Basierend auf den Resultaten der Interviews und auf bekannten Schülervorstellungen wurde in der zweiten Phase eine erste Version eines zweistufigen Testinstruments konzipiert. 228 Schüler/innen aus der 8. bzw. 9. Jahrgangsstufe in Wien/Niederösterreich, Frankfurt und Graz

nahmen an der Pilotierung teil, die im Dezember 2017 stattfand. Die erste Version des Tests bestand aus 32 zweistufigen Testitems, die in zwei Testhefte aufgeteilt und über zehn gemeinsame Items verankert wurden.

Basierend auf den Ergebnissen dieser Pilotierung wurde der Test überarbeitet. Die neue Version wurde bisher von 1035 Schüler/innen in Österreich und Deutschland im April und Mai 2018 nach einem traditionellen Unterricht bearbeitet (Burde et al., 2019). Insgesamt nahmen 51 Schulklassen an der Testung teil. Die Schüler/innen befanden sich in der 7. Jgst., mit Ausnahme von drei hessischen Klassen, die sich in der 8. Jgst. befanden. Diese Endversion des Tests besteht aus 30 zweistufigen Testitems, die in zwei Testhefte aufgeteilt und über zwölf gemeinsame Items verankert wurden. Jedes Testheft besteht somit aus 21 Fragen.

Der Test deckt fünf Konzepte zum einfachen Stromkreis ab. Einige Fragen überprüfen, ob die Schüler/innen offene und geschlossene Stromkreise unterscheiden können. Gefragt wird auch, ob sie erkennen, dass ein Stromkreis geschlossen sein muss, damit eine Glühlampe leuchtet. Andere Fragen beschäftigen sich mit dem Konzept der Stromstärke und hier insbesondere damit, wie groß die Stromstärke vor und nach einem Widerstand ist. Andere Items fragen, was in einem Stromkreis passiert, wenn man den Widerstand vergrößert oder verkleinert. Ebenso wird erfragt, ob Schüler/innen zwischen Serien- und Parallelschaltungen unterscheiden können. Als letztes Konzept wird das Verständnis der Spannung erfragt. Die Fragen der einzelnen Blöcke sind in den Testheften durchmischt und nicht nach Konzepten angeordnet. Abbildung 1 zeigt ein Item zum Konzept Spannung.

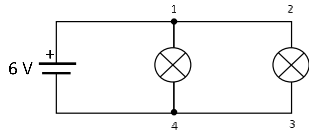
| Item 13 |                          | Der abgebildete Stromkreis besteht aus einer 6 V Batterie und zwei 6 V Glühlampen.                                                                  |                                                                                      |
|---------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| a)      |                          | Welche Spannung liegt zwischen den Anschlüssen von Glühlampe 1 ( $U_{14}$ ), bzw. Glühlampe 2 ( $U_{23}$ ) an?                                      |                                                                                      |
| A       | <input type="checkbox"/> | $U_{14} = U_{23} = 6 \text{ V}$                                                                                                                     |  |
| B       | <input type="checkbox"/> | $U_{14} = 6 \text{ V}$ und $U_{23} < 6 \text{ V}$                                                                                                   |                                                                                      |
| C       | <input type="checkbox"/> | $U_{23} = U_{34} = 2 \text{ V}$                                                                                                                     |                                                                                      |
| D       | <input type="checkbox"/> | $U_{14} = U_{23} = 3 \text{ V}$                                                                                                                     |                                                                                      |
| b)      |                          | Warum? Wähle jene Aussage aus, die am besten zu deiner Begründung passt.                                                                            |                                                                                      |
| A       | <input type="checkbox"/> | Die Spannung nimmt mit zunehmendem Abstand von der Batterie ab.                                                                                     |                                                                                      |
| B       | <input type="checkbox"/> | Die gesamte Spannung der Batterie teilt sich gleichmäßig auf beide Glühlampen auf.                                                                  |                                                                                      |
| C       | <input type="checkbox"/> | Die Spannung der Batterie liegt an beiden Glühlampen an, da beide direkt an der Batterie angeschlossen sind.                                        |                                                                                      |
| D       | <input type="checkbox"/> | Ein Teil der Spannung der Batterie liegt an den Drähten im Stromkreis an und der Rest der Spannung liegt gleichmäßig verteilt an den Glühlampen an. |                                                                                      |

Abb. 1: Item zum Konzept „elektrische Spannung“

### Erste Ergebnisse

Bereits durch die Interviews wurden viele schon bekannte Schülervorstellungen bestätigt. Besonders fünf davon kamen häufig vor:

- Spannung hängt von der Entfernung zur Batterie ab.
- Spannung wird verbraucht.
- Spannung und Strom werden synonym verwendet.
- Spannung ist gleichmäßig im Stromkreis verteilt.
- Serien- und Parallelschaltungen werden verwechselt.

Alle befragten Schüler/innen hatten deutliche Probleme mit dem Verständnis der Elektrizitätslehre, obwohl das Thema im Unterricht bereits behandelt wurde. Die Schülervorstellungen haben einander oft auch überlagert. Das bedeutet, dass in einer Antwort immer wieder mehrere konzeptionelle Verständnisschwierigkeiten gleichzeitig erkennbar waren. Wie am unten dargestellten Beispiel deutlich wird, nimmt Schüler IP6 beispielsweise an, dass eine Glühlampe die Spannung verbraucht, aber auch dass die Spannung die Glühlampe durchfließen würde.

„IP6: Ach so, ähm. Je nachdem, wie viel die Glühlampe verbraucht, (würde dableiben).“

I: Ok.

IP6: Das heißt, es würde zirka 2-4V durchfließen.

I: Die Spannung würde durchfließen?

IP6: Ja.“

Bis jetzt wurden 357 Testhefte des endgültigen Tests analysiert. Es wurden zwei unterschiedliche Analysen durchgeführt: In der ersten Variante wurden sowohl die Antworten als auch die Begründungen als eigenständige Fragen aufgefasst. In der zweiten Variante wurde anhand eines Partial-Credit Modells ausgewertet, bei der die SchülerInnen einen Punkt für die richtige Antwort (oder eine richtige Begründung) und zwei Punkte für die richtige Kombination aus Antwort und Begründung erhielten. Anschließend wurde eine Rasch-Analyse mithilfe des WINSTEPS-Programms (Linacre und Wright 1993; Linacre 1994) durchgeführt. Es zeigte sich, dass der Test zufriedenstellend funktioniert, da er eine hohe Item-Reliabilität von 0,98 sowie eine Personen-Reliabilität von 0,76 für getrennte Punktebewertung und 0,63 für gemeinsame Punktebewertung aufweist.

Aus den raschskalierten Item-Schwierigkeiten wurden durchschnittliche Schwierigkeiten für die oben beschriebenen Konzepte berechnet, wie sie in Abb. 2 dargestellt sind (Offener/Geschlossener Stromkreis, Stromstärke, Widerstand, Parallel/Serienschaltung, Spannung). Man kann erkennen, dass die Spannung das schwierigste Konzept ist, während das Erkennen eines geschlossenen Stromkreises am einfachsten ist.

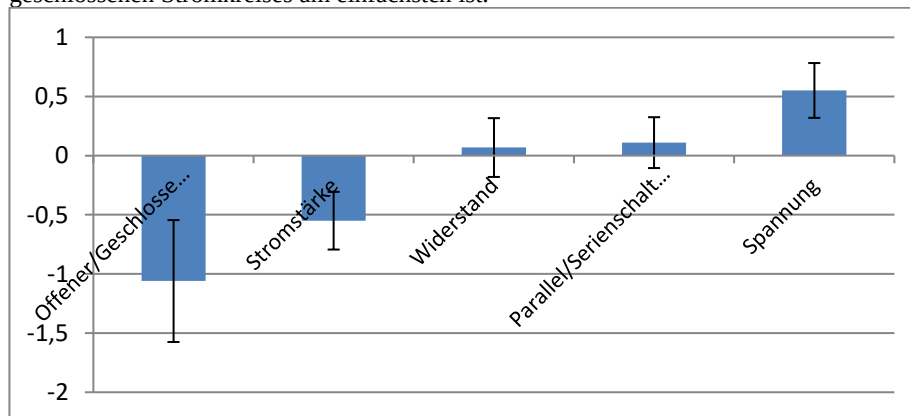


Abb. 2: Durchschnittliche Schwierigkeiten. Die Fehlerbalken CE zeigen die kombinierten Unsicherheiten:  $CE = (SEM^2 + SE^2)^{1/2}$ ,  
(SEM: Standardfehler des Mittelwertes; SE: Standard-Rasch-Fehler)

### Ausblick

Es wurde ein zweistufiger Test zu einfachen Stromkreisen entwickelt, der sich für die Identifikation von domänenspezifischen Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten eignet. Als nächstes ist geplant, weitere Testhefte auszuwerten und weitere Analysen durchzuführen. Insbesondere sollen einzelne Antwortkombinationen mit bekannten Schülervorstellungen verknüpft werden, um zu analysieren, wie oft bestimmte Schülervorstellungen vorkommen.



### Literatur

- Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Studien zum Physik- und Chemie-lernen, Band 259, Logos-Verlag, Berlin
- Burde, J.-P.; Wilhelm, T. & Wiesner, H.(2014). Das Elektronengasmodell in der Sekundarstufe I. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
- Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Dopatka, L.; Spatz, V.; Ivanjek, L.; Hopf, M.; Schubatzky, T. & Haagen-Schützenhöfer, C. (2019). Vergleich des Lernerfolges im traditionellen E-Lehre Unterricht. In: Maurer, Chr. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018, Band 39, 2019
- Linacre, J. M. & Wright, B. D. (1993). A user's guide to BIGSTEPS. Rasch-model computer program. Chicago: MESA Press.
- Linacre, J. M. (1994). Many-facet Rasch measurement. 2. ed. Chicago: MESA Press.
- McDermott, L. C. & Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. In: American Journal of Physics 60 (11), S. 994–1002. DOI: 10.1119/1.17003.
- Rhöneck, C. v. (2011). Vorstellungen vom elektrischen Strom und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. In: Müller, R. (Hg.): Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner. Unter Mitarbeit von Hartmut Wiesner. 3. unveränd. Aufl. Köln: Aulis-Verl. Deubner, S. 167–171.

Jan-Philipp Burde<sup>1</sup>  
 Thomas Wilhelm<sup>1</sup>  
 Liza Dopatka<sup>2</sup>  
 Verena Spatz<sup>2</sup>  
 Thomas Schubatzky<sup>3</sup>  
 Claudia Haagen-Schützenhöfer<sup>3</sup>  
 Lana Ivanjek<sup>4</sup>  
 Martin Hopf<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt  
<sup>2</sup>Technische Universität Darmstadt  
<sup>3</sup>Karl-Franzens-Universität Graz  
<sup>4</sup>Universität Wien

## Vergleich des Lernerfolges im traditionellen E-Lehre Unterricht

### Hintergrund

Trotz intensiver unterrichtlicher Bemühungen seitens der Lehrkräfte gelingt es dem traditionellen Physikunterricht seit Jahrzehnten nicht, jungen Menschen angemessene physikalische Vorstellungen von den Vorgängen in sogenannten einfachen Stromkreisen zu vermitteln. Insbesondere verfügen die meisten Schülerinnen und Schüler auch am Ende der Sekundarstufe I noch nicht über ein eigenständiges Spannungskonzept, sondern betrachten die Spannung als Eigenschaft oder Bestandteil des elektrischen Stroms (Rhöneck, 1986; Maichle, 1982). Ein wesentlicher Kritikpunkt an der Sachstruktur des traditionellen Unterrichts besteht darin, dass der Strombegriff aus historischen, nicht jedoch didaktischen Gründen, den Physikunterricht zu Lasten des Potenzial- und Spannungsbegriffs dominiert (Gleixner, 1998, S.62). Um den Schülerinnen und Schülern die Bedeutung der elektrischen Spannung für den elektrischen Strom bewusst zu machen, wurde von Cohen, Eylon & Ganiel (1983, S. 411) ein Unterrichtskonzept gefordert, „*that introduces the concept of potential difference first and [...] clearly spells out the relation of cause and effect between  $pd$  [potential difference] and current*“.

### Das Frankfurter Elektronengasmodell

Im Frankfurter Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells wurde u.a. diese Forderung aufgegriffen, um den Lernenden ein besseres Verständnis für die wechselseitige Beziehung der Grundgrößen Spannung, Stromstärke und Widerstand in elektrischen Stromkreisen zu ermöglichen. Die Grundidee des elementarisierten Elektronengasmodells besteht dabei darin, dass sich Elektronen in Metallen wie Kupfer befinden und sich dort frei bewegen können wie Luftteilchen in einem Schlauch. Die Aufgabe der Batterie besteht nun darin, für eine erhöhte Elektronendichte im Leiterstück, das mit dem Minuspol verbunden ist, und eine verminderte Elektronendichte im Leiterstück, das mit dem Pluspol verbunden ist, zu sorgen. Da von einem Elektronengas ausgegangen wird, geht diese erhöhte bzw. verminderte Elektronendichte im Leiter mit einem erhöhten bzw. verminderten elektrischen Druck einher, der in Rot bzw. Blau dargestellt wird (siehe Abb.1). In Analogie zu Alltagsgegenständen wie z.B. Fahrradreifen oder Luftmatratzen kann dann argumentiert werden, dass der an einem Lämpchen anliegende elektrische Druckunterschied genauso zu einer Elektronenströmung führt wie Luftdruckunterschiede eine Luftströmung verursachen. Im Rahmen einer empirischen Evaluation mit 790 Schülerinnen und Schülern zeigte sich, dass das neue Unterrichtskonzept verglichen mit dem traditionellen Physikunterricht zu einem deutlich besseren konzeptionellen Verständnis elektrischer Stromkreise führt, was sich u.a. in einem signifikant höheren Lernzuwachs von  $d = .94$  widerspiegelt (Burde, 2018).

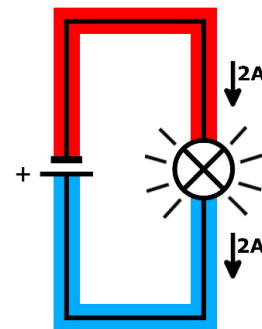


Abb. 1: Darstellung des "elektrischen Drucks"

### **Die internationale Nachfolgestudie EPo-EKo**

Eine genauere Analyse der äußerst vielversprechenden Ergebnisse der bisherigen Studie hat ergeben, dass Jungen trotz gleichen Vorwissens einen signifikant höheren Lernzuwachs erzielen als die Mädchen, wenn sie nach dem Elektronengasmodell unterrichtet werden. In der Physikdidaktik ist heute unumstritten, dass eine geeignete Kontextorientierung ein wesentliches Merkmal guten Physikunterrichts darstellt, da die Einbettung von physikalischen Themen in Alltagskontexte es den Schülerinnen und Schülern erlaubt, die Physik als sinnvoll und für ihr Leben relevant wahrzunehmen (Labudde, 2001; Millar, 2005; Duit & Wodzinski, 2006). Insbesondere haben zahlreiche Studien zeigen können, dass sich Physikunterricht, der sich an den Interessen der Mädchen orientiert, positiv auf das Sachinteresse und das Selbstkonzept von Mädchen auswirkt, ohne dass dies zum Nachteil der Jungen wäre (Häußler & Hoffmann, 1995; Berger, 2002; Lubben et al., 2005). Unklar hingegen ist, inwiefern eine stärkere Kontextorientierung im Unterricht auch einen positiven Einfluss auf die Lernwirksamkeit des Physikunterrichts hat (Krapp, 1992; Berger, 2002). Insbesondere mangelt es bisher an einem kontextorientierten Unterrichtskonzept für die Elektrizitätslehre, dessen Lernförderlichkeit empirisch belegt ist. Im Rahmen der internationalen Nachfolgestudie „Elektrizitätslehre mit Potenzial & Kontexten“ (EPo-EKo) soll daher nicht nur ein solches Unterrichtskonzept entwickelt und evaluiert werden, sondern auch der Einfluss der Kontextorientierung und des Elektronengasmodells auf affektive Merkmale wie das Interesse und das physikbezogene Selbstkonzept sowie das Konzeptverständnis der Schülerinnen und Schüler untersucht werden.

### **Stichprobe und Datenerhebung**

Inzwischen liegen erste vorläufige Daten aus dem ersten Projektjahr zum Lernerfolg, zum Sach- und Fachinteresse sowie zum physikbezogenen Selbstkonzept im traditionellen Elektrizitätslehreunterricht vor. Die vorläufige Stichprobe umfasst dabei 1035 Schülerinnen und Schüler, die in 51 Klassen von 36 Lehrkräften unterrichtet wurden. Die Erhebungsstandorte waren Wien/Niederösterreich mit 220 Lernenden, die Steiermark mit 314 Lernenden, Hessen mit 234 Lernenden und Bayern mit 267 Lernenden. Der Unterricht fand mit Ausnahme von drei hessischen Klassen, die sich in der 8. Jahrgangsstufe befanden, ausschließlich in der 7. Jahrgangsstufe statt.

Um die zeitliche Entwicklung der verschiedenen Konstrukte erheben zu können, wurde ein Vor- und ein Nachtest sowie mit zehnwöchiger Verzögerung ein Follow-Up-Test durchgeführt. Während im Vortest neben dem Konzeptverständnis auch das Sach- und Fachinteresse, das physikbezogene Selbstkonzept und das verbale und figurale Denkvermögen erhoben wurde, fand eine wiederholte Testung des verbalen und figuralen Denkvermögens im Nach- und Follow-Up-Test vor dem Hintergrund der angenommenen zeitlichen Stabilität dieser Konstrukte nicht statt. Vielmehr lag der Fokus hier auf einer umfassenderen Erhebung des Konzeptverständnisses, das im Nach- und Follow-Up-Test mit 21 zweistufigen Items geprüft wurde, während im Vortest nur eine Teilmenge von 12 Items verwendet wurde. Der Vorteil des zweistufigen Multiple-Choice-Tests besteht darin, dass die Lernenden nicht nur eine Antwort, sondern auch eine Begründung angeben müssen, womit u.a. die hinter den Antworten stehenden Schülervorstellungen erhoben werden können. Die Items zum konzeptionellen Verständnis stammen aus einem selbstentwickelten, rasch-skalierten Test (Ivanjek et al., in diesem Band), die Skalen zum verbalen und figuralen Denkvermögen aus dem Berliner Intelligenzstrukturtest für Jugendliche, die Skalen zum Sach- und Fachinteresse aus der PISA-Studie (Frey et al., 2009) und die Skalen zum physikbezogenen Selbstkonzept aus der IPN-Studie (Hoffmann et al., 1998).

### Erste Daten zum traditionellen Physikunterricht

Da die Schülerinnen und Schüler im Klassenverband unterrichtet wurden und ihr Lernerfolg somit statistisch gesehen nicht unabhängig voneinander ist, wurde zur Auswertung der Daten eine Mehrebenenanalyse mit zwei Ebenen (Level-1: Schülerebene; Level-2: Klassenebene) durchgeführt. Die somit gewährleistete adäquate Berücksichtigung der hierarchischen Datenstruktur ermöglicht nicht nur eine genauere Bestimmung der untersuchten Effekte sondern auch eine adäquatere Schätzung ihrer statistischen Unsicherheit (Twisk, 2006, 30ff). Der vorliegende Intraklassenkorrelationskoeffizient von .16 im Nullmodell zeigt nach Hartig & Rakoczy (2010, S. 544), dass die Durchführung einer Mehrebenenanalyse notwendig ist. Unter der Kontrolle des Vortestergebnisses, des verbalen und figuralen Denkvermögens sowie des physikbezogenen Selbstkonzepts der Schülerinnen und Schüler zeigen die vorläufigen Daten, dass sich die Lernwirksamkeit des traditionellen Physikunterrichts mit Ausnahme der Steiermark ( $d = .48$ ) nicht zwischen den verschiedenen Erhebungsstandorten unterscheidet (siehe Abb.2). Für die Interpretation der Daten ist zu berücksichtigen, dass bei dieser Analyse ein Item nur dann als korrekt gewertet wurde, wenn sowohl Antwort als auch Begründung korrekt angegeben wurden und nur die 12 gemeinsamen Items von Vor- und Nachtest ausgewertet wurden.

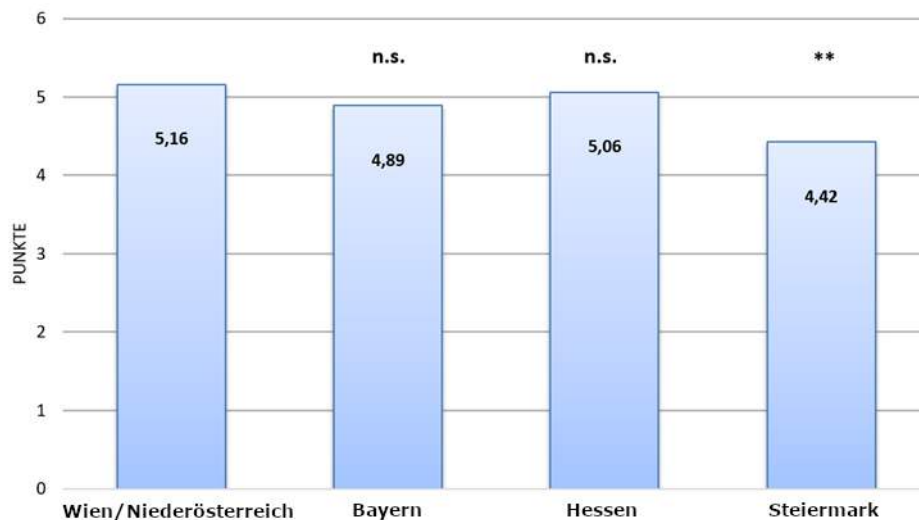


Abb. 2: Punkte im Nachtest unter Kontrolle des Vortestergebnisses, des verbalen und figuralen Denkvermögens sowie des physikbezogenen Selbstkonzepts. Maximal konnten 12 Punkte im Test erzielt werden.

In Hinblick auf die erhobenen affektiven Konstrukte wie das physikbezogene Selbstkonzept sowie das Sach- und Fachinteresse haben sich nur kleine Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen gezeigt. Auch wenn diese statistisch gesehen teilweise signifikant sind, handelt es sich höchstens um kleine Effekte zu Gunsten der Jungen. Zudem unterscheidet sich die Wirkung des Physikunterrichts bzgl. der untersuchten Kriterien auch nicht signifikant zwischen Jungen und Mädchen. Mit Blick auf das konzeptionelle Verständnis der Schülerinnen und Schüler ergibt sich jedoch ein interessanter Befund: Während Unterricht auf Basis des Elektronengasmodells mit einem höheren Lernzuwachs der Jungen gegenüber der Mädchen einhergeht, konnte ein solcher Gendereffekt bzgl. der Lernwirksamkeit des traditionellen Unterrichts in der vorläufigen Stichprobe des ersten Projektjahres nicht gefunden werden.

### Literatur

- Berger, R. (2002). Einfluss kontextorientierten Physikunterrichts auf Interesse und Leistung in der Sekundarstufe II. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Nr. 8, S. 119–132.
- Cohen, R.; Eylon, B.; Ganiel, M. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. In: American Journal of Physics 51 (5), S. 407–412.
- Duit, R.; Wodzinski, R. (2006). Guten Unterricht planen - Kategorien fachdidaktischen Denkens bei der Planung des Unterrichts. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 17 (2006), Nr. 92, S. 9–11.
- Frey A, Taskinen P, Schütte K, Prenzel M, Artelt C, Baumert J, Blum W, Hammann M, Klieme E, Pekrun R (2009). PISA-2006-Skalenhandbuch. Dokumentation der Erhebungsinstrumente. Waxmann, Münster.
- Gleixner, C. (1998). Einleuchtende Elektrizitätslehre mit Potenzial. Dissertation. LMU München.
- Häußler, P.; Hoffmann, L. (1995). Physikunterricht – an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. In: Unterrichtswissenschaft 23 (1995), Nr. 2, S. 107–126.
- Hoffmann L, Häußler P, Lehrke M (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. IPN, Kiel.
- Ivanjek, L.; Hopf, M.; Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Dopatka, L.; Spatz, V.; Schubatzky, T.; Haagen-Schützenhöfer, C. (dieser Band). Entwicklung eines Testinstruments zu einfachen Stromkreisen.
- J.-P. Burde (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichts-konzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells, <http://doi.org/10.30819/4726>
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung: Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. In: Zeitschrift für Pädagogik 38 (1992), Nr. 5, S. 747–770.
- Labudde, P. (2001). Chancen für den Physikunterricht in der heutigen Zeit: Zehn Thesen zur physikalischen Bildung. In: PLUS LUCIS (2001), Nr. 2, S. 2–6.
- Lubben, F.; Bennett, J.; Hogarth, S.; Robinson, A. (2005). A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science on boys and girls, and on lower-ability pupils. London, University of London, Institute of Education. Review.
- Maichle, U. (1982). Schülervorstellungen zu Stromstärke und Spannung. In: Naturwissenschaften im Unterricht. Physik/Chemie 30 (11), S. 383–387.
- Millar, R. (2005). Contextualised science courses: Where next? In: Nentwig, P.; Waddington, D. (Hrsg.): Making it relevant. Context based learning of science. Münster: Waxmann, S. 323–346.
- Rhöneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 34 (13), S. 10–14.

Liza Dopatka<sup>1</sup>  
 Verena Spatz<sup>1</sup>  
 Jan-Philip Burde<sup>2</sup>  
 Thomas Wilhelm<sup>2</sup>  
 Lana Ivanjek<sup>3</sup>  
 Martin Hopf<sup>3</sup>  
 Claudia Haagen-Schützenhöfer<sup>4</sup>  
 Thomas Schubatzky<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universität Darmstadt  
<sup>2</sup>Universität Frankfurt  
<sup>3</sup>Universität Wien  
<sup>4</sup>Universität Graz

## Kontexte in der Elektrizitätslehre im Rahmen des Projekts *EPO-EKO*

### Ausgangslage

Im schulischen Rahmen fordern Kerncurricula die Vermittlung von Kompetenzen „im Kontext persönlicher oder gesellschaftlich relevanter Themen“ (HKM, 2011, S. 14). Zu diesen Kompetenzen zählt u.a. die Beurteilung „von Alltagskontexten mit naturwissenschaftlichen Kenntnissen“ (HKM, 2011, S. 13). Unterrichtsmaterial in der Elektrizitätslehre ist jedoch häufig rein fachsystematisch ausgerichtet und geht daher an diesen Forderungen und den Bedürfnissen der meisten Schülerinnen und Schülern vorbei. Hinzu kommt, dass das Interesse der Lernenden an Physik(inhalten) eher gering ist und im Verlauf der Schulzeit weiter abnimmt (Hoffmann et al., 1998). Fachdidaktische Erkenntnisse aus der IPN- oder ROSE-Studie zu Interessen an bestimmten Themengebieten finden im Unterricht noch wenig Berücksichtigung. Mögliche Gründe hierfür sind das Fehlen solcher kontextorientierter Materialien im Bereich der E-Lehre für die Sekundarstufe I bzw. ihre zeitaufwendige Erstellung. In der E-Lehre kommt erschwerend hinzu, dass viele mögliche Kontexte aus dem *Technik*-Bereich stammen, wofür sich wiederum nur ca. 20 % der Lernenden, hauptsächlich Jungen, interessieren (Hoffmann et al., 1998).

### Theoretischer Hintergrund

Der vorliegenden Studie liegt eine Kombination aus dem Interessenkonstrukt der Person-Gegenstands-Theorie von Krapp (2010) mit der auf Schule bezogenen Begriffsunterscheidung zu Fach- und Sachinteresse von Hoffmann et al. (1998) zugrunde. Hiernach kann sowohl dem Fach- als auch dem Sachinteresse eine emotionale und wertbezogene Valenz zugeordnet werden. Verbinden die Lernenden positive Emotionen mit dem Schulfach Physik und messen ihm eine hohe persönliche Relevanz zu, so ist die emotionale und wertbezogene Komponente des Fachinteresses hoch zu bewerten. Die gleiche Perspektive ist auf die emotionale und wertbezogene Komponente des Sachinteresses in Hinblick auf einzelne konkrete physikalische Inhalte möglich.

Die ROSE-Studie von Schreiner und Sjøberg (2004) hat im Wesentlichen die Erkenntnisse zu interessanten Kontexten aus der IPN-Studie bestätigt. So sind weiterhin *humanbiologische* und *medizinische Themen*, ebenso wie *gesellschaftsrelevante* Kontexte vor allem mit Bezug zur *Gefahr für Mensch und Natur* interesseweckend. Außerdem sind neue interessante Themengebiete, *Probleme Jugendlicher*, *Gesundheit*, *Fitness*, *Spektakuläres* sowie *Mystik und Wunder*, aufgekommen. Kontexte zu *Ästhetik und Schönheit* werden wenig interessant empfunden, ebenso wie Kontexte zum *Alltagsnutzen* bei Mädchen (neue Erkenntnis im Vergleich zur IPN-Studie) (Elster, 2007).

Für die Erstellung kontextorientierten Unterrichtsmaterials, welches das individuelle Interesse der Lernenden aufgreift oder positiven Einfluss auf ihr situatives Interesse hat, ist eine Orientierung an diesen Forschungsergebnissen maßgeblich. Die innerste Kontextebene nach Finkelstein (2005) versteht Kontexte dabei als Teil einer Lernaufgabe, welche von der klassenraumbezogenen und außerschulischen Kontextebene eingeschlossen werden. Bei der

Gestaltung dieser Aufgaben können nach van Vorst et al. (2015) verschiedene Kontextmerkmale variiert werden, wie beispielsweise der Alltagsbezug, die Aktualität oder die Bekanntheit. Es konnte gezeigt werden, dass *besondere* Kontexte höheres situationales Interesse erzeugen als *alltägliche Kontexte* (van Vorst, 2013). In der vorliegenden Studie sind die Lernaufgaben auf organisatorischer Ebene Mikrokontexte, d.h. in einzelnen Stunden bearbeitbar und bedürfen im Gegensatz zu Makrokontexten keinen speziellen organisatorischen Bedingungen (Kuhn, Müller, Müller & Vogt, 2010). Das Besondere an dem erstellten Material ist die Art der Kontextorientierung, da nach Kuhn (2010) die alleinige Einbettung von Alltagsbezügen in fachsystematisch orientiertes Lernen nicht ausreicht. Die Materialien sind daher kontextstrukturiert aufgebaut (Nawrath, 2010). Im Fokus steht eine konkrete anwendungsbezogene Fragestellung, wodurch das Lernen mit und über den Kontext in den Vordergrund rückt. Die Struktur des Unterrichts wird durch die Struktur des Kontextes vorgegeben und fachliche Inhalte an ihm „mitgelernt“. Der Kontext bildet die „storyline“. Bei der Wirkung kontextorientierten Unterrichts auf affektive Faktoren beim Lernen lässt die Forschungslage auf einen positiven Einfluss schließen (Bennett, Hogarth & Lubben, 2003). Ein uneinheitlicheres Bild ergibt sich, wenn kognitive Faktoren wie die Lernleistung betrachtet werden. Taasoobshirazi und Carr (2008) stellen hierzu zudem die Aussagekraft vieler bisheriger Untersuchungen in Frage und fordern systematischere Forschungsarbeit.

### **Forschungsziel und Forschungsfragen**

Auf Grundlage dieses theoretischen Hintergrunds ist ein Projektziel, kontextstrukturiertes Unterrichtsmaterial im Gebiet der Elektrizitätslehre für die Sekundarstufe I zu erstellen, das sich an den Interessen der Lernenden orientiert. Die Materialien werden anschließend im Regelunterricht eingesetzt und evaluiert. Untersucht werden folgende Forschungsfragen, die ebenfalls Geschlechtereffekte berücksichtigen:

- Welche Kontexte und darin enthaltenen konkreten anwendungsbezogenen Fragestellungen in der E-Lehre finden Lernende interessant? (Vorstudie IDa)
- Wie beurteilen die Lernenden es, anhand entsprechender kontextstrukturierter Materialien die Inhalte des Physikunterrichts zu erarbeiten?
- Welchen Einfluss hat der kontextstrukturierte Unterricht zur E-Lehre auf das Verständnis, das Selbstkonzept sowie das Sach- und Fachinteresse (emotionale und wertbezogene Valenz) der Lernenden in Physik?

Zur (Weiter-)Entwicklung des Materials werden außerdem das Expertenfeedback der Lehrkräfte (Fortbildungen in Darmstadt und Frankfurt) vor der Pilotierung sowie durch Interviews mit den teilnehmenden Lehrkräften nach Abschluss der Unterrichtsreihe eingeholt.

### **Studiendesign der Vorstudie IDa**

Mittels eines Fragebogens wird das Interesse der Lernenden an konkreten Fragestellungen in E-Lehre-Kontexten anhand einer fünfstufigen Likert-Skala von 1 = *sehr gering* bis 5 = *sehr groß* erfragt. Zur Fragebogenerstellung wurden zunächst Kontexte aus dem Bereich Technik, Natur und Gesellschaft zu physikalischen Inhalten gesammelt und innerhalb der Kontexte konkrete Fragestellungen ausgearbeitet. [Beispiel: Kontext *Elektrische Fische*; Item *Warum töten sich Zitteraale durch ihre Stromschläge nicht selbst?*] Insgesamt ergaben sich 18 Kontexte und 143 Items, aufgeteilt auf zwei Testhefte A und B. Die Hälfte einer Klasse füllte A, die andere B aus (zufällige Zuordnung). Insgesamt nahmen 980 Schülerinnen und Schüler aus den Jahrgangsstufen 7, 8 und 9 aus dem Raum Darmstadt teil (45 % weiblich, 52 % männlich, 3 % ohne Angabe). Die Fragebögen-Skalen zeigen gute (Cronbachs  $\alpha > 0,8$ ) bis sehr gute interne Konsistenzen (Cronbachs  $\alpha > 0,9$ ). Gruppendifferenzen hinsichtlich des Geschlechts wurden durch den Mann-Whitney-U-Test berechnet, Differenzen hinsichtlich des Jahrgangs mit dem Kruskal-Wallis-H-Test und Effektstärken nach Cohen (1988).

### Ergebnisse IDa und Schlussfolgerung

Betrachtet man die Mittelwerte über alle Jungen und Mädchen zeigt sich, dass diejenigen Kontexte, die das höchste Interesse hervorrufen, wie bei der IPN- und ROSE-Studie aus *Gesellschaft, Natur oder Medizin* stammen (s. Abb. 1).

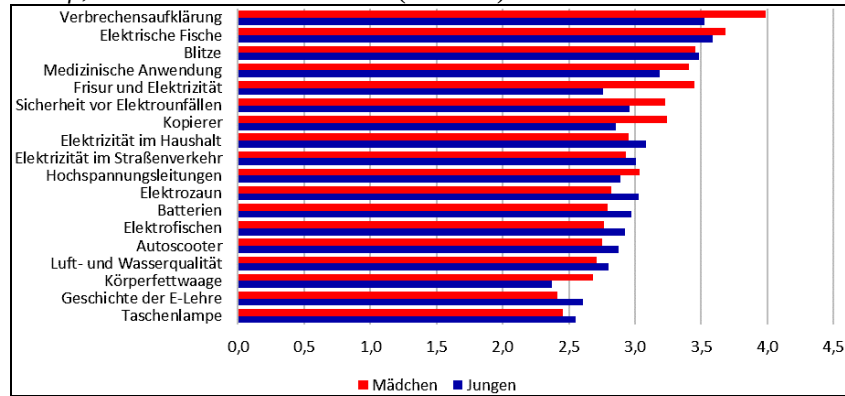


Abb. 1: Interesse und Geschlecht

Signifikante Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen ergeben sich für die Kontexte *Geschichte der E-Lehre* ( $z = -2,017$ ,  $p = .044$ ,  $d = 0,1$ ), *Elektrozaun* ( $z = -2,033$ ,  $p = .042$ ,  $d = 0,09$ ), *Sicherheit vor Elektrounfällen* ( $z = -2,806$ ,  $p = .005$ ,  $d = 0,13$ ), *Verbrechensaufklärung* ( $z = -4,100$ ,  $p = .000$ ,  $d = 0,19$ ), *Kopierer* ( $z = -3,704$ ,  $p = .000$ ,  $d = 0,18$ ), *Körperfettwaage* ( $z = -3,699$ ,  $p = .000$ ,  $d = 0,17$ ) und *medizinischen Anwendungen* ( $z = -2,288$ ,  $p = .022$ ,  $d = 0,11$ ). Nach Cohen (1988) ist dieser Unterschied jedoch als „kein Effekt“ einzustufen. Eine kleine Effektstärke liegt bei dem Kontext *Friseur* ( $z = -7,702$ ,  $p = .000$ ,  $d = 0,35$ ) vor. Das Interesse der Mädchen ( $M = 3,45$ ,  $SD = 0,91$ ,  $N = 240$ ) ist hieran um 0,69 Punkte höher als das der Jungen ( $M = 2,76$ ,  $SD = 0,92$ ,  $N = 234$ ).

Tabelle 1 enthält die drei interessantesten Fragestellungen für Jungen und Mädchen.

| Jungen |                | Die drei interessantesten Fragestellungen                                                           | Mädchen |                |
|--------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------|
| Rang   | M <sup>1</sup> |                                                                                                     | Rang    | M <sup>1</sup> |
| 1      | 3,81           | wie elektrische Fische (z.B. der Zitteraal) Elektrizität erzeugen                                   | 3       | 3,84           |
| 2      | 3,77           | warum Zitteraale sich nicht selbst töten durch ihre Stromschläge                                    | 2       | 3,87           |
| 3      | 3,74           | wie beim Lügendetektor darauf geschlossen wird, dass es sich bei einer Aussage um eine Lüge handelt | 1       | 4,03           |

<sup>1</sup> Mittelwert      Tab. 1: Die drei interessantesten Items für Jungen und Mädchen

Für das Interesse der Jahrgänge zeigt ein Kruskal-Wallis-H-Test, dass ein signifikanter Unterschied für die zwei Kontexte *Körperfettwaage* ( $\chi^2 = 10,458$ ,  $p = 0,005$ ) und *Blitz* ( $\chi^2 = 7,978$ ,  $p = 0,019$ ) vorliegt. Die anschließend durchgeführten Post-hoc-Tests (Dunn-Bonferroni-Tests) verdeutlichen, dass sich beim Thema *Körperfettwaage* die Jahrgänge 8 und 9 ( $z = -3,110$ ,  $p = 0,006$ ,  $d = 0,44$ ) sowie 7 und 9 ( $z = -3,009$ ,  $p = 0,008$ ,  $d = 0,45$ ) signifikant mit einem schwachen bis mittleren Effekt voneinander unterscheiden. Jahrgangsstufe 9 ( $N = 55$ ,  $M = 2,88$ ) hat hieran ein höheres Interesse als 7 ( $N = 220$ ,  $M = 2,48$ ) und 8 ( $N = 206$ ,  $M = 2,47$ ), was möglicherweise auf das zunehmende Körperbewusstsein in diesem Alter zurückzuführen ist. Der signifikante Unterschied beim Thema *Blitz* zwischen der Jahrgangsstufe 7 und 8 ( $z = 2,462$ ,  $p = 0,041$ ,  $d = 0,25$ ) hat einen kleinen Effekt.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurden Kontextmaterialien zu einzelnen Fragestellungen vorrangig aus den Kontexten *Lügendetektor*, *Elektrische Fische*, *Blitz*, *medizinische Anwendungen* und *Elektrounfall* ausgearbeitet.



### Literatur

- Bennett, J., Hogarth, S. & Lubben, F. (2003). A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science: University of York.
- Cohen, L. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland. *Didaktik* (3), 2-8.
- Finkelstein, N. (2005). Learning physics in context: A study of student learning about electricity and magnetism. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 27 (10), 1187-1209.
- Hessisches Kultusministerium. (2011). Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Sekundarstufe I - Gymnasium. Physik. Zugriff am 16.03.2018. Verfügbar unter [https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum\\_physik\\_gymnasium.pdf](https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_physik_gymnasium.pdf)
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.
- Krapp, A. (2010). Interesse. In D. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 311-323). Weinheim: Beltz.
- Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010). Kontextorientierung im Physikunterricht - Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 59 (5), 13-25.
- Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung. Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Nawrath, D. (2010). Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht. Oldenburg.
- Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). Sowing the seeds of ROSE. Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (The Relevance of Science Education): a comparative study of students' views of science and science education (*Acta didactica*, 4/2004). Oslo: University of Oslo, Faculty of Education, Department of Teacher Education and School Development; Unipub.
- Taasoobshirazi, G. & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review* (3), 155-167.
- Van Vorst, H. (2013). Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos.
- Van Vorst, H., Dorschu, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H. & Sumfleth, E. (2015). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 29-39.

## Das Energieverständnis angehender Chemielehrkräfte

### Ausgangslage

Der Themenbereich *Energie* wird im schulischen Kontext zumeist mit dem Physikunterricht in Verbindung gebracht. Im Vordergrund steht die sogenannte *Energiequadrige* (Duit, 2014), die die zentralen Aspekte der Energie (Energieerhaltung, Energieumwandlung, Energieübertragung und Energieentwertung) umfasst. Jedoch spielen dieser Begriff und ebenso die zentralen Energieaspekte auch im Chemieunterricht eine wichtige Rolle. So wird in zwei Basiskonzepten der nationalen Bildungsstandards für das Fach Chemie im Bereich *Fachwissen* die Energie erwähnt (*Chemische Reaktionen* und *Energetische Betrachtung bei Stoffumwandlungen*) (KMK, 2004). Auch zählt die Energie zu den fünf Grundbegriffen für den Chemieunterricht, die benötigt werden, um adäquat Phänomene und Zusammenhänge zu erläutern und zu erklären (Rehm & Stäudel, 2012). Dabei wird dem Energiebegriff jedoch eine geringe Spezifität zugewiesen (Vollmer, 1980). Auch dieser geringen Spezifität, der teils unterschiedlichen Verwendung des Begriffs in alltäglichen Kontexten sowie der Omnipräsenz der Energie in den verschiedenen naturwissenschaftlichen Themenbereichen ist es unter anderem geschuldet, dass immer wieder Probleme und Verständnisschwierigkeiten innerhalb der Energiethematik auftreten. Diese findet man sowohl bei Schülerinnen und Schülern (vgl. beispielsweise Watts, 1983; Duit, 1986; Crossley, Hirn & Staraschek, 2009) als auch bei (angehenden) Lehrkräften eines naturwissenschaftlichen Unterrichtsfachs (vgl. Trumper, 1996, 1997, 1998). Buck (1984) stellte unter anderem fest, dass eine hohe Erklärungsvielfalt im Bereich der Energie bei Lehramtsstudierenden vorliegt. Dabei spielen die zentralen Aspekte der Energie keine übergeordnete Rolle. Auch wenn die Energieerhaltung im Verlauf des Studiums immer mehr an Bedeutung für die Studierenden gewinnt, so ist die Energieentwertung auch im späteren Verlauf des Studiums noch nicht relevant (vgl. Trumper, 1996, 1997, 1998).

### Zielsetzung

Das Energieverständnis von (angehenden) Lehrkräften wurde in der Physikdidaktik bereits an einigen Stellen untersucht (vgl. Trumper, 1996, 1998; Pahl, 2012). Ähnliche Untersuchungen im Bereich der Chemie stellen jedoch noch weitestgehend ein Desiderat dar. Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich schließen, dass bei (angehenden) Lehrkräften in diesem Bereich weiterer Ausbildungsbedarf besteht.

Die Untersuchung des Energieverständnisses angehender Chemielehrkräfte soll den Status quo in diesem Bereich bestimmen. Daraus folgend können dann Implikationen für die Lehramtsausbildung abgeleitet werden.

Der Fokus der Untersuchung liegt auf einer möglichst umfassenden Darstellung der verschiedenen Inhaltsbereiche des für die Studierenden schulrelevanten Fachwissens. Die Studie deckt folgende Themenschwerpunkte ab:

- Konzeptualisierung von Energie (Assoziationen, Paradebeispiel und Energieexplikation)
- Zentrale Aspekte der Energie (*Energiequadrige*)
- Schulrelevantes Fachwissen (u.a. chemische Reaktionen, Thermodynamik)
- Energie in anderen Disziplinen (Biologie, Physik, Alltagsperspektive)
- Sprachliche Aspekte ( u.a. „Verletzungen“ der Energieerhaltung, Metaphern)

Im Folgenden wird vor allem auf den Aspekt der Konzeptualisierung von Energie durch die angehenden Chemielehrkräfte eingegangen und ein Blick auf die Thematisierung der zentralen Aspekte der Energie geworfen.

### Methodisches Design

Die Erhebung des Energieverständnisses angehender Chemielehrkräfte wurde als qualitative Studie mittels leitfadengestützter, halbstrukturierter Telefoninterviews durchgeführt.

Der eigentlichen Untersuchung ging zunächst eine Problemanalyse relevanter Energieaspekte für den Chemieunterricht und deren naturwissenschaftlichen Hintergrundes voraus. Basierend auf dieser Analyse wurde ein Leitfaden entwickelt und pilotiert. Diese Pilotstudie (vgl. auch Pauly & Lühken 2018) erfolgte mit zehn Lehramtsstudierenden der Chemie. Daran anschließend wurde die Hauptstudie durchgeführt. An dieser nahmen 46 Studierende im fortgeschrittenen Lehramtsstudium Chemie (5. Fachsemester aufwärts) von 18 verschiedenen Universitäten mit chemiedidaktischen Instituten aus ganz Deutschland teil. Die Stichprobe wurde zur Vorbereitung auf die Analyse anhand verschiedener Differenzierungsmerkmale und deren Merkmalsausprägungen unterteilt (vgl. Tabelle. 1).

| Differenzierungsmerkmal | Merkmalsausprägung |                   |             |
|-------------------------|--------------------|-------------------|-------------|
| Geschlecht              | männlich           | weiblich          |             |
|                         | N = 23             | N = 23            |             |
| Alter                   | 20-24 Jahre        | 25-28 Jahre       | 31-45 Jahre |
|                         | N = 21             | N = 16            | N = 9       |
| Fachsemester Chemie     | 5. - 8. Semester   | 9. - 11. Semester |             |
|                         | N = 23             | N = 23            |             |
| Zweifach                | Biologie, Physik   | Übrige            |             |
|                         | N = 22             | N = 24            |             |

Tab. 1: Differenzierungskriterien der Stichprobe

Im Anschluss an die Erhebung wurden die Interviews transkribiert. Die Auswertung der verschriftlichten Interviews erfolgte mittels der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2014). Dabei wurde im Bereich der Konzeptualisierung von Energie auf die induktive Kategorienbildung zurückgegriffen. Im Hinblick auf die mögliche Korrelation des fachlichen Wissens der Studierenden und einer nicht adäquaten Versprachlichung dessen, wurde fragliches Textmaterial nochmals gesondert interpretiert und eine Kontextanalyse (Mayring, 2014) durchgeführt.

### Ausgewählte Ergebnisse

#### Konzeptualisierung von Energie

Die Studierenden assoziierten Energie zumeist mit Aspekten der Elektrizität und des menschlichen Körpers. Dabei standen vor allem technische Geräte und deren Nutzung sowie allgemein der elektrische Strom im Vordergrund. In Bezug auf den menschlichen Körper verknüpften die Studierenden Bewegungsabläufe und die Nahrungsaufnahme. Die dargestellten Hauptassoziationen wurden jeweils von mehr als 50 Prozent der Studierenden genannt. Die Antworten der Studierenden zu ihrem Paradebeispiel spiegelten ein sehr differenziertes Bild wieder. Es fand sich eine große Bandbreite an unterschiedlichen Beispielen, die jeweils nur von wenigen Studierenden genannt wurden und sich aus diesem Grund nicht systematisieren ließen. Den größten Konsens erreichten die Paradebeispiele Elektrizität und Wärme mit jeweils einem Anteil von 12,5 Prozent an Nennungen durch die angehenden Chemielehrkräfte. Die Energieexplikation zeigte, dass sich bei den Studierenden zentrale Erklärungsansätze abzeichneten. Dabei wurde die Energie beispielhaft über Energieformen erklärt, sie wurde als Ursache oder Antrieb von Prozessen definiert oder über

ihre Abstraktheit und die Eigenschaft der Energieerhaltung charakterisiert. Diese zentralen Erklärungsansätze fanden sich bei über 30 Prozent der Probanden. Weitaus weniger häufig thematisiert wurden bei der Erklärung der Energie die Aspekte der Energieumwandlung, der Energieentwertung sowie der Energieübertragung. Allgemein bildete sich eine hohe Erklärungsvielfalt bei den Studierenden ab.

Im Bereich der Konzeptualisierung von Energie wurden auch die verschiedenen Differenzierungsmerkmale näher betrachtet, um zu überprüfen, welches dieser Kriterien Einfluss auf die Art der Assoziationen, Paradebeispiele und Erklärungsansätze hatte. Es konnte festgestellt, dass bei dem Merkmal *Zweifach* ein Unterschied besteht. Studierende, die mit Biologie oder Physik ein zweites Fach belegten, in dem die Energie auch eine (große) Rolle spielt, nutzten eher die abstrakteren Erklärungsansätze. Studierende, die eines der übrigen Zweifächer belegten, nutzten häufiger beispielhaftere Explikationen mittels verschiedener Energieformen oder nannten Prozesse, bei denen sie die Energie als Ursache herausstellten. Die Energieerhaltung thematisierten beide Gruppen in etwa gleich häufig.

#### *Zentrale Aspekte der Energie*

Im Hinblick auf die Thematisierung der zentralen Aspekte der Energie durch die angehenden Lehrkräfte zeichnete sich ab, dass die Energieerhaltung bei allen Studierenden präsent war. Sichtbar wurde dies vor allem durch die häufige Thematisierung bei der Energieexplikation über alle Differenzierungsmerkmale hinweg. Dabei wurde sie vor allem als ein fundamentales Statement angewendet: „*Energie kann nicht verbraucht oder geschaffen werden. Sie bleibt erhalten.*“ Es fiel jedoch auf, dass sie im weiteren Verlauf beispielsweise bei der Begründung von Vorgängen und Phänomenen im Alltag von den Studierenden nicht mehr herangezogen wurde. In der aktiven Anwendung argumentierten die angehenden Chemielehrkräfte fast ausschließlich mittels der Energieumwandlung und der Energieübertragung. Die Energieentwertung wurde von den Probanden kaum erwähnt. Nur 10,9 Prozent der Studierenden verwendeten den Begriff überhaupt.

#### **Diskussion und Ausblick**

Das Wissen um die Konzeptualisierungen von Energie durch die angehenden Chemielehrkräfte und deren Umgang mit den zentralen Aspekten der Energie dient als Interpretationsgrundlage für die weiteren Auswertungen im Bereich des schulrelevanten Fachwissens und der sprachlich relevanten Aspekte. Dadurch können die einzelnen Ebenen des Energieverständnisses beschrieben und miteinander verknüpft werden. Aus dieser Beschreibung sollen dann Muster und Gemeinsamkeiten auch hinsichtlich der in Tabelle 1 aufgeführten Differenzierungsmerkmale abgeleitet werden. Ebenso sollen die Ergebnisse dazu dienen, Implikationen für die Lehramtsausbildung rund um den Themenbereich Energie zu formulieren.

Speziell sollen nochmals die Rahmenkonzepte von Watts (1983) auf das Interviewmaterial angewendet werden. Besonders im Bereich Energie als Ursache oder Antrieb für Prozesse und Phänomene gibt es noch näheren Klärungsbedarf.

### Literatur

- Buck, P. (1984). Auf der Suche nach einem handhabbaren Energiebegriff. In: H. Mikelskis (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven*. Alsbach: Leuchtturmverlag, 275-277
- Crossley, A., Hirn, N. & Staraschek, E. (2009). Schülervorstellungen zur Energie – Eine Replikationsstudie. In: Nordmeier, V. & Grötzebach, H. (Hrsg.), *Didaktik der Physik - Bochum 2009*
- Duit, R. (1986). *Der Energiebegriff im Physikunterricht*. Habilitationsschrift. Universität Kiel
- Duit, R. (2014). Teaching and Learning the Physics Energy Concept. In: Chen, R.F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J.C. & Scheff, A., *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education*. Berlin: Springer, 67-85
- KMK (Hrsg.) (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. URL: [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf), Stand vom 10.10.2018
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt. URL: <http://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/39517>, Stand vom 27.09.2018
- Pahl, E.-M. (2012). *Vorstellungen von Lehrpersonen aus dem Sach- und Physikunterricht zum Thema Energie und dessen Vermittlung*. Berlin: Logos
- Pauly, A. & Lühken, A. (2018). Energiekonzepte angehender Chemielehrkräfte. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017, 741-744
- Rehm, M. & Stäudel, L. (2012). Grundbegriffe und Basiskonzepte der Chemie. *NiU Chemie* 23 (128), 2-7
- Trumper, R. (1996). A survey of Israeli Physics Students' Conceptions of Energy in Pre-service Training for High School Teachers. *Research in Science & Technological Education*, 14 (2), 179-192
- Trumper, R. (1997). A survey of conceptions of energy of Israeli pre-service high school biology teachers. *International Journal of Science Education*, 19 (1), 31-46
- Trumper, R. (1998). A Longitudinal Study of Physics Students' Conceptions on Energy in Pre-Service Training for High School Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 7 (4), 311-318
- Vollmer, G. (1980). *Sprache und Begriffsbildung im Chemieunterricht*. Diesterweg.
- Watts, D. (1983). *A study of alternative frameworks in school science*. Dissertation, University of Surrey

## Generierung von Schülerfragen in lebensweltlichen Kontexten

### Ausgangslage

Studien in Bezug auf Schülerfragen zeigen, dass Lernende altersübergreifend Schwierigkeiten in der eigenständigen Formulierung von Fragen haben und diese zudem nur selten äußern (Almeida, 2012; Chin & Osborne, 2008; Dillon, 1988). Ausgehend vom Kernlehrplan Chemie in NRW für die Sekundarstufe I, wird allerdings ihre Bedeutsamkeit insbesondere im Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung (MSW NRW, 2011) sowie zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung deutlich (Chin & Osborne, 2008; Millar & Osborne, 1998). In diesem Zusammenhang soll der Einsatz von Kontexten die selbstständige Generierung von Schülerfragen bei den Lernenden anregen, um diese für weitere Untersuchungen im Chemieunterricht nutzbar zu machen (Swirski, Baram-Tsabari, & Yarden, 2018; Demuth, Gräsel, Parchmann, & Ralle, 2008). Folglich ist eine effiziente Einbindung von Schülerfragen in den Unterricht erforderlich, die jedoch eine Herausforderung für Lehrende darstellen kann (Vos, Taconis, Jochems, & Pilot, 2011). Unter Berücksichtigung der beiden Perspektiven von Lernenden und Lehrenden sowie dem Einsatz von Kontexten ist das Ziel dieser Studie, einen Beitrag zur Aufklärung individueller Schülerfragen zu leisten und ihre Umsetzung innerhalb eines entwickelten Implementationsansatzes für einen kontextorientierten Chemieunterricht zu erproben.

### Theoretischer Hintergrund

Die Generierung einer (Schüler-)Frage unterliegt dem vollständigen Durchlauf von drei Phasen (Almeida & Neri de Souza, 2010) (Abb. 1). Dabei ist der Wunsch, das eigene Wissen erweitern zu wollen, und die damit verbundene Neugierde an der Thematik eine maßgebliche Voraussetzung für die Einleitung des Generierungsprozesses (Chin & Osborne, 2008; Graesser & Olde, 2003). Hieraus folgen individuelle (Schüler-)Fragen, die in Abhängigkeit zu ihrem jeweiligen Öffnungsgrad variieren können.

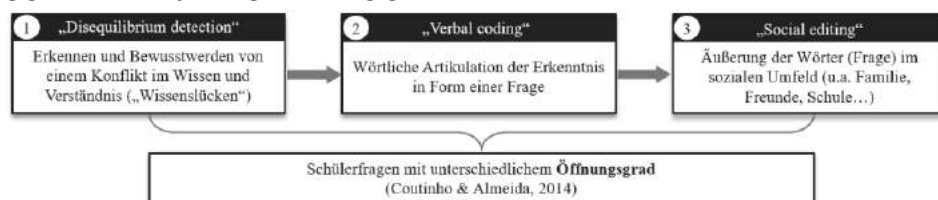


Abb. 1 Phasen der Fragengenerierung (basierend auf Almeida & Neri de Souza, 2010)

Der Öffnungsgrad lässt sich laut Couthino und Almeida (2014) über ein Kontinuum von *offenen* zu *geschlossenen* Fragen beschreiben. Die Entwicklung unterschiedlicher Kategoriensysteme führte bislang zu inkonsistenten Begriffsbestimmungen hinsichtlich der zugehörigen Pole (Renkl & Helmke, 1992). Basierend auf der Theorie kontextorientierter Lernansätze wird daher im Folgenden zusätzlich die Einteilung nach *untersuchbaren* und *nicht untersuchbaren* Schülerfragen vorgenommen (Chin & Kayalvizhi, 2002). Demnach sind *untersuchbare* Schülerfragen charakterisiert durch eine Art des Problemlösens, bei der ein (geschlossen) oder mehr als ein (offen) möglicher Lösungsweg für die Beantwortung und Bearbeitung der Schülerfrage zulässig ist (Couthino & Almeida, 2014; Duggan & Gott, 1995). Die Zulässigkeit ergibt sich dabei aus Experimenten, die von den Lernenden aktiv

durchführbar sind (Lock, 1990). Resultierend aus der Anzahl an möglichen Lösungswegen ergeben sich somit unterschiedliche Komplexitätsniveaus, die die Anordnung der Schülerfrage innerhalb des Kontinuums und den Öffnungsgrad bestimmen (Couthino & Almeida, 2014; Brunner, 2009). Obwohl bereits positive Zusammenhänge zwischen Schülerfragen und dem Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht festgestellt werden konnten, werden die Potentiale bislang nicht ausgeschöpft (Chin & Osborne, 2008). Mögliche Begründungen ergeben sich hierbei aus dem zeitlichen Aufwand des Generierungsprozesses sowie der spontanen Beantwortung individueller Schülerfragen, die ein denkbare Hindernis für Lehrende im Unterricht darstellen (Chin & Kayalvizhi, 2002; Niegemann & Stadler, 2001).

### **Forschungsfragen**

Basierend auf dem Forschungsziel ist das Projekt in zwei Teilstudien gegliedert. Die folgenden Forschungsfragen und Ausführungen beschränken sich dabei auf die erste Teilstudie und somit auf die Ermittlung individueller Schülerfragen. Demnach stellt sich die Frage, inwieweit Lernende untersuchbare Fragen generieren können, wenn sie mit lebensweltlichen Kontexten konfrontiert werden und welche Art von (chemisch) untersuchbaren Fragen sie in diesem Zusammenhang stellen.

### **Design der Interviewstudie**

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden fokussierte Einzelinterviews durchgeführt, die in drei Interviewphasen gegliedert sind. In *Interviewphase I* wurden die Lernenden dazu angehalten einen Kontext auf Grundlage von vier möglichen Bildimpulsen (Schutzausrüstung beim Skaten, Skiwachs, Luftballon und Badekleidung) zu wählen. Diese knüpfen thematisch an das Inhaltsfeld *Produkte der Chemie*, mit den inhaltlichen Schwerpunkten *Synthese von Makromolekülen* sowie der *Estersynthese* an. Mithilfe der Bildimpulse sollte zunächst das Vorwissen der Lernenden im Rahmen eines Brainstormings angeregt und die daraus resultierenden *aktiv selbstgenerierten* Schülerfragen schriftlich festgehalten werden (Swirski, Baram-Tsabari, & Yarden, 2018). Dabei wurde bewusst auf eine konkrete Problemstellung bei den Impulsen sowie auf Hilfestellungen durch den Interviewer verzichtet, um die selbstständige Findung von Wissenslücken und Fragengenerierung durch die Lernenden zu gewährleisten. Basierend auf den Kontexten von van Vorst (2013) wurden für die Durchführung der *Interviewphase II* jeweils leitfadengestützte Interviews zu den Bildimpulsen entwickelt und pilotiert. Die Leitfragen sollten sowohl die Findung von Wissenslücken als auch die Generierung weiterer Schülerfragen anregen, indem das Vorwissen der Lernenden unterstützend aktiviert wird. Hier erfolgte die Fragengenerierung in Form von *aktiv geleiteten* Schülerfragen, die sich aus einer Unsicherheit bei der Beantwortung der jeweiligen Leitfrage ergeben und von den Lernenden in eine Schülerfrage überführt wurden. *Interviewphase III* umfasst ein offenes Interview, um die selbstgenerierten Schülerfragen aus *Interviewphase I und II* gemeinsam mit den Lernenden zu diskutieren und ggf. zu spezifizieren, wenn diese zu allgemein gestellt oder unklar formuliert wurden. Aus *Interviewphase III* resultierten somit zusätzlich *gemeinsam generierte* Schülerfragen. Damit vergleichbare Aussagen über die Kontexte und Schülerfragen getroffen werden können, wurden alle vier Kontexte innerhalb der einzelnen Interviews fokussiert.

### **Analyse und Ergebnisse**

Insgesamt kann auf eine Stichprobe von  $N = 15$  Lernenden zurückgegriffen werden, die zum Erhebungszeitpunkt die Jahrgangsstufe 10 einer Sekundar- und einer Gesamtschule in Paderborn besuchten. Die Datenerhebung wurde beendet, nachdem sich eine „theoretische Sättigung“ (Glaser & Strauss, 1967) in Hinblick auf die ermittelten Schülerfragen eingestellt hat. Für die Analyse der Daten stehen somit 15 Audiografien sowie die schriftlich festgehaltenen

Schülerfragen aus den *Interviewphasen I und II* zur Verfügung. Zur Ermittlung der Schülerfragen aus dem Datenmaterial wurden die Audiografien vollständig transkribiert und die schriftlich festgehaltenen Schülerfragen ergänzend in die Transkripte überführt. Die erhobenen Daten wurden anschließend mit der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) ausgewertet und die deduktive Kategorienbildung zu Grunde gelegt. Innerhalb der Oberflächenstruktur wurden die Schülerfragen in Verbindung mit den Interviewphasen und den jeweiligen Kontexten identifiziert, um diese tiefenanalytisch nach ihrer Untersuchbarkeit, Öffnung und Generierungsphase zu kategorisieren. Insgesamt konnten  $N = 298$  Fragen ermittelt werden, wovon 176 Schülerfragen als *untersuchbar* und 122 als *nicht untersuchbar* kategorisiert wurden. In Bezug auf die Kontexte zeigt sich, dass die meisten der *untersuchbaren*

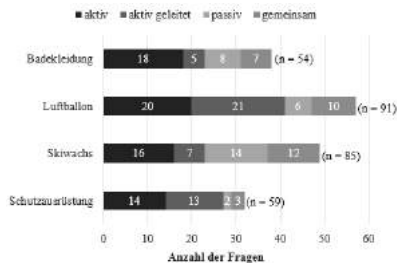


Abb. 2 Anzahl untersuchbarer Fragen ( $n = 176$ ) in Bezug auf Kontexte und Generierungsphase

Schülerfragen ( $n = 176$ ) durch den Kontext Luftballon ( $n = 59$ ) angeregt wurden (Abb. 2) und diese eher *offen* formuliert sind (Abb. 3). Im Bereich der *nicht untersuchbaren* Schülerfragen ( $n = 122$ ) ist dies bei insgesamt 28 Schülerfragen ebenfalls der Fall. Über alle Lernenden hinweg, treten einige der Schülerfragen wiederholt auf. Diese Schülerfragen werden in Abbildung 3 durch Kugeln repräsentiert, die je nach Häufigkeit ihrer Wiederholung in entsprechender Größe dargestellt werden und sich nach ihrer Untersuchbarkeit und Öffnung innerhalb des theoriebasierten Kontinuums anordnen lassen. Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass Lernende selbstständig Schülerfragen generieren, die für die Unterrichtspraxis relevant sein können (*aktiv selbstgenerierte* und *untersuchbare* Schülerfragen,  $n = 68$ ). Darüber hinaus sind diese Schülerfragen innerhalb des Kontinuums auch in Richtung der *offenen* Fragen anzuordnen, woraus sich Spielräume bei der Beantwortung ergeben und für die Bearbeitung der Schülerfragen genutzt werden können (z.B. „Gibt es verschiedene Kunststoffe mit verschiedenen Eigenschaften?“). Des Weiteren lassen sich *nicht untersuchbare* Schülerfragen nicht ausschließlich mit Basisinformationen beantworten und können ebenfalls für die Unterrichtspraxis relevant sein (Burmeister & Eilks, 2012). Hierbei liegt der Fokus allerdings eher auf dem Kompetenzbereich der Bewertung und nicht vorrangig auf der Erkenntnisgewinnung (z.B. „Kommen alle Badehosen aus China oder machen die Kinder in Afrika?“). Die Wiederholungen der Schülerfragen weisen darauf hin, dass gerade diese für die Lernenden bedeutsam sind und mit ihrer Formulierung im Unterricht gerechnet werden kann. In Hinblick auf *Interviewphase II und III* zeigt sich, dass gezieltes Nachfragen zur Findung von Wissenslücken beitragen kann, wodurch sich weitere *untersuchbare* Schülerfragen generieren lassen (*aktiv geleitete*, *passive* und *gemeinsame* Schülerfragen,  $n = 108$ ).

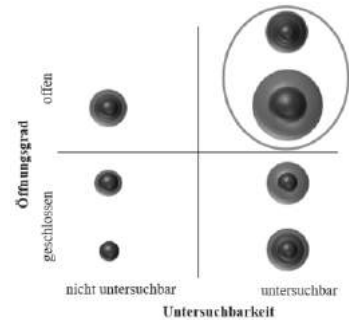


Abb. 3 Fragen in Bezug auf Untersuchbarkeit und Öffnungsgrad am Bsp. Luftballon ( $n = 91$ )

### Ausblick

Auf der Grundlage der Ergebnisse ist für den zweiten Teil des Projekts eine Implementationsstudie vorgesehen. Die Fragengenerierung soll auf Grundlage der entwickelten Interviewstudie und der Theorie der Erkenntnisgewinnung in den Unterricht integriert und die Umsetzung der Schülerfragen eigenständig geplant und erprobt werden, um weitere Aussagen über den Nutzen der Schülerfragen in der Unterrichtspraxis treffen zu können.



### Literatur

- Almeida, P. A. (2012). Can I ask a question? The importance of classroom questioning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31, 634–638.
- Almeida, P. A., & Neri de Souza, F. (2010). Questioning profiles in secondary science classrooms. *International Journal of Learning and Change*, 4 (3), 237–251.
- Brunner, A. (2009). *Die Kunst des Fragens*. München: Hanser.
- Burmeister, M., & Eilks, I. (2012). An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 13 (2), 93–102.
- Chin, C., & Kayalvizhi, G. (2002). Posing problems for open investigations: What questions do pupils ask? *Research in Science & Technological Education*, 20 (2), 269–287.
- Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44 (1), 1–39.
- Coutinho, M. J., & Almeida, P.A. (2014). Promoting student questioning in the learning of natural sciences. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 3781–3785.
- Dillon, J. T. (1988). The remedial status of student questioning. *Journal of Curriculum Studies*, 20(3), 197–210.
- Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I., & Ralle, B. (Hrsg.) (2008). *Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster: Waxmann.
- Duggan, S., & Gott, R. (1995). The place of investigations in practical work in the UK National Curriculum for Science. *International Journal of Science Education*, 17 (2), 137–147.
- Glaser, B.G., & Strauss, A.L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Chicago: Aldine
- Graesser, A.C., & Olde, B.A. (2003). How does one know whether a person understands a device? The quality of the questions the person asks when the device breaks down. *Journal of Educational Psychology*, 95 (3), 524–536.
- Lock, R. (1990). Open-ended, problem-solving investigations. *School Science Review*, 71 (256), 63–72.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- Millar, R., & Osborne, J.F. (Hrsg.) (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College London.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW (Hrsg.) (2011): *Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik*. Abgerufen von [https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp\\_SI/GE/NW/KLP\\_GE\\_NW.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/GE/NW/KLP_GE_NW.pdf)
- Niegemann, H. & Stadler, S. (2001). Hat noch jemand eine Frage? Systematische Unterrichtsbeobachtung zu Häufigkeit und kognitivem Niveau von Fragen im Unterricht. *Zeitschrift für Lernforschung*, 29 (2), 171–192.
- Renkl, A., & Helmke, A. (1992). Discriminant effects of performance-oriented and structure-oriented mathematics tasks on achievement growth. *Contemporary Educational Psychology*, 17, S. 47–55.
- Swirski, H., Baram-Tsabari, A., & Yarden, A. (2018). Does interest have an expiration date? An analysis of students' questions as resources for context-based learning. *International Journal of Science Education*, 53, 1–18.
- van Vorst, H. (2013). *Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse*. Berlin: Logos.
- Vos, M.A.J., Taconis, R., Jochems, W.M.G., & Pilot, A. (2011). Classroom implementation of context-based chemistry education by teachers: The relation between experiences of teachers and the design of materials. *International Journal of Science Education*, 33 (10), 1407–1432.

### Kontextorientierter Unterricht zur Spektralanalyse: Spektrale Bildgebung in modernen Berufen

Die Spektralanalyse ist ein traditionelles Thema im Chemie- und Physikunterricht. Oft wird die Spektralanalyse in ihrer historischen Entwicklung von Newton über Fraunhofer bis Kirchhoff und Bunsen behandelt. Bei diesem historisch orientierten Unterricht fehlt jedoch der Bezug zum aktuellen und zukünftigen Leben der Lernenden. In einem kontextorientierten Unterricht besteht die Möglichkeit, die Spektralanalyse hinsichtlich moderner Anwendungen zu thematisieren. Auf Grundlage von Modellexperimenten zu spektralen Bildgebungstechniken können die Lernenden nachvollziehen, wie die Spektralanalyse in unterschiedlichen Berufen angewandt wird. Medizinische, ökologische und militärische Anwendungen können den Lernenden Anlass geben, über die Chancen und Risiken der spektralen Bildgebungstechnologie für Mensch und Umwelt zu diskutieren.

#### 1. Moderne Anwendungen der Spektralanalyse in der spektralen Bildgebung

In vielen modernen Berufen—sei es in der Medizin (Lu & Fei, 2014), in der Ökologie (Adão et al., 2017) oder im Militär (Anderson et al., 1994)—müssen Objekte auf ihre chemische Zusammensetzung hin untersucht werden. Gemäß den Erkenntnissen von Bunsen und Kirchhoff (1860) ist dies durch die Analyse von den Absorptions- oder Emissionsspektren der Objekte möglich. Aber wie kann man für jeden einzelnen Objektpunkt das zugehörige Spektrum erfassen? Grundsätzlich gibt es hierfür vier Techniken der spektralen Bildgebung, siehe Abbildungen 1 bis 4 (Grusche, 2014). Wir werden diese Techniken nun anhand stark vereinfachter Experimente didaktisch rekonstruieren.

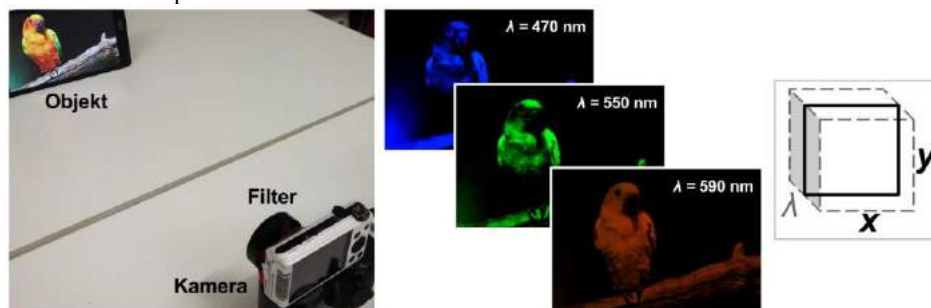


Abb. 1: Spektrales Scannen. (Vogel-Motiv von Carl (2017) gemäß CC-BY-3.0.)

Für **spektrales Scannen** (Abb. 1) wird das Objekt nacheinander durch unterschiedliche Farbfilter fotografiert, die jeweils nur Licht einer bestimmten Spektralfarbe beziehungsweise Wellenlänge hindurchlassen, vgl. Laffers et al. (2016) und Lu & Fei (2014). Stapelt man die verschiedenfarbigen Digitalfotos (jeweils mit Pixelkoordinaten  $x$  und  $y$ ) gemäß der Wellenlänge  $\lambda$ , erhält man den so genannten spektralen Datenwürfel. Die jeweils aufeinandergestapelten Pixel sind als Spektrum des entsprechenden Objektpunkts deutbar. Für die **Schnappschuss-Technik** (Abb. 2) wird das Objekt einmalig durch ein Kreuzgitter fotografiert, vgl. Johnson et al. (2007). In der mittleren Beugungsordnung ( $m = 0$ ) ist ein normales Bild zu sehen, in den anderen Beugungsordnungen erscheinen dispergierte Bilder. Nun kann man jedes dispergierte Bild als gescherte und plattgedrückte Version des Datenwürfels auffassen und den Datenwürfel rekonstruieren, indem man die Stauchung und Scherung rückgängig macht—durch computergestützte Auswertung des Digitalfotos.



Abb. 2: Schnappschuss. (Vogel-Motiv von Carl (2017) gemäß CC-BY-3.0.)

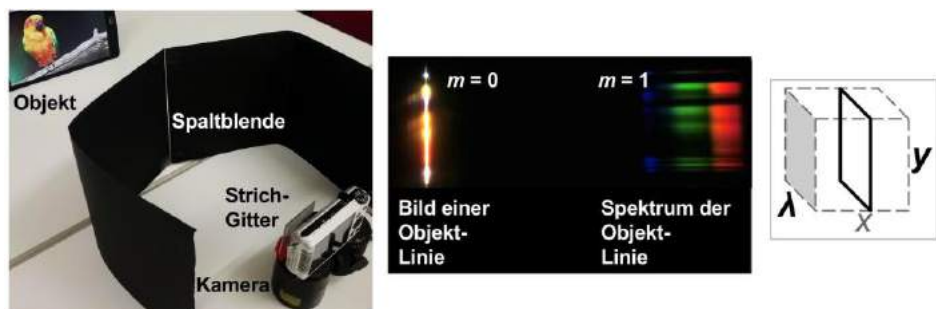


Abb. 3: Räumliches Scannen. (Vogel-Motiv von Carl (2017) gemäß CC-BY-3.0.)

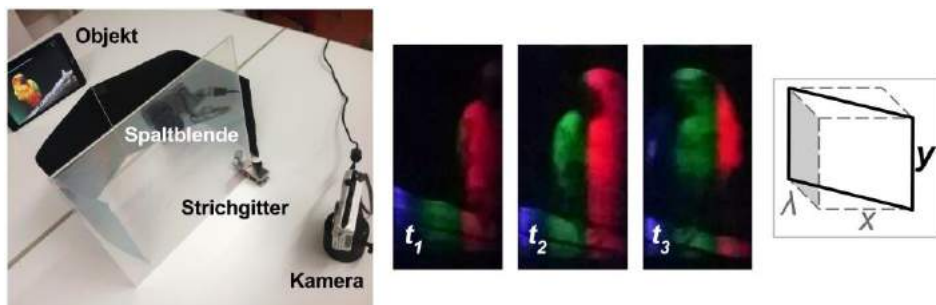


Abb. 4: Räumlich-spektrales Scannen. (Vogel-Motiv von Carl (2017) gemäß CC-BY-3.0.)

Für **räumliches Scannen** (Abb. 3) wird das Objekt durch ein Spektroskop fotografiert, welches sich unmittelbar an der Kamera befindet, vgl. Grove et al. (2018). Das Spektroskop besteht aus einer Spaltblende und einem Strichgitter. Durch den Spalt wird jeweils ein schmaler Streifen des Objekts anvisiert; durch das Strichgitter wird das Bild dieser Objekt-Linie in der ersten Beugungsordnung ( $m = 1$ ) spektral aufgefächert. Das Foto entspricht einem senkrechten Schnitt durch den spektralen Datenwürfel. Um den gesamten Datenwürfel zu erfassen, muss man das Objekt absキャンen. Hierfür wird das Objekt quer zum Spalt bewegt, oder das bildgebende System wird am Objekt vorbeibewegt.

Für **räumlich-spektrales Scannen** (Abb. 4) wird das Objekt durch ein Spektroskop fotografiert, welches einen gewissen Abstand zur Kamera aufweist (Grusche, 2014). In der ersten Beugungsordnung entsteht ein scharfes, regenbogenfarbiges Bild des Objektes. Es entspricht einem schrägen Schnitt durch den Datenwürfel. Um den gesamten Datenwürfel zu erfassen, muss man die Kamera beziehungsweise das Objekt quer zum spektroskopischen Spalt bewegen oder das bildgebende System am Objekt vorbeibewegen.

## 2. Leitlinien für einen kontextorientierten Unterricht

Die allgemeinen Leitlinien (Nawrath, 2010, S. 173-180) für kontextorientierten Unterricht (Muckenfuß, 2006) übertragen wir auf den speziellen Kontext der spektralen Bildgebung:

**Erste Leitlinie:** Über- und untergeordnete Kontexte (für die Spektralanalyse) wählen und verschiedene Modelle (des Lichts) verwenden.

- **Übergeordneter Kontext:** Die Bedeutung der Spektralanalyse für den Menschen.
- **Untergeordnete Kontexte:** (1) Die historische Entwicklung der Spektralanalyse, vgl. Miller (1983). (2) Moderne Anwendungen in der spektralen Bildgebung.
- **Modelle:** (1) Strahlen als hinzugedachte Verbindungslinien im Versuchsaufbau. (2) Wellen als geometrisches Analogon zwecks mathematischer Begründung der Strahlgeometrie und zwecks quantitativer Beschreibung von Spektralfarben. (3) Der spektrale Datenwürfel als virtueller Stapel von verschiedenfarbigen Digitalfotos.

**Zweite Leitlinie:** Schülervorstellungen (zur Linsenabbildung und Spektroskopie) aufgreifen.

Spektrale Bildgebung beruht auf einer **Kombination von herkömmlicher Bildgebung und Spektralanalyse**; dementsprechend sollte der Unterricht von den holistischen Schülervorstellungen zur Linsenabbildung (Grusche, 2016a; Grusche, 2017a) und Spektroskopie (Grusche, 2016b; Grusche, 2017b; Hurt, 2013) ausgehen und zu den analytischen Vorstellungen der Expert\*innen führen:

- **Von Vorhersagen zu Beobachtungen:** Vor ihren Beobachtungen sagen die Lernenden vorher, wie das Objekt durch die Farbfilter beziehungsweise das Gitter aussehen wird.
- **Vom Auge zur Kamera:** Zuerst beobachten die Lernenden das Objekt mit eigenen Augen durch Filter beziehungsweise Gitter, erst danach wird das Auge durch eine Kamera ersetzt (mit kleiner Blende zwecks Tiefenschärfe und Lochkamera-Idealisierung).
- **Vom ganzen Bild zum Pixel:** Zuerst betrachten die Lernenden das Objekt als Ganzes, erst danach werden einzelne Objekt-Linien oder Objektpunkte analysiert.
- **Von RGB-Fotografie zu spektraler Bildgebung:** Zuerst behandelt die Lehrperson das Prinzip der herkömmlichen Digitalfotografie mit drei Farbkanälen (Rot, Grün, Blau), erst danach führt sie die spektrale Bildgebung mit hunderten spektralen Kanälen ein.

**Dritte Leitlinie:** Concept Maps (zu Licht, Farbe und Datenwürfel) erstellen.

Vor allem der Zusammenhang zwischen Körperfarbe, Spektralfarben (sowie Wellenlängen) und Farbeindruck sollte geklärt werden, vgl. Fehring (2013), Grusche & Theilmann (2015), Haagen-Schützenhöfer (2017) und Haagen-Schützenhöfer et al. (2014).

**Vierte Leitlinie:** Zwischen dekontextualisierten (physikalischen sowie chemischen) und kontextualisierten (ethischen, medizinischen und ökologischen) Fragen wechseln.

**Kontextualisierte, schülernahe Fragen** könnten sein: Inwiefern wird die militärische Vernichtung von Menschenleben durch spektrale Bildgebung verhindert oder gefördert? Inwiefern trägt spektrale Bildgebung zur Schädigung oder zum Schutz der Umwelt bei? Wie hilft spektrale Bildgebung bei der Erkennung und Behandlung von Krankheiten?

**Dekontextualisierte, wissenschaftsnahe Fragen** sind beispielsweise: Wie kann der spektrale Datenwürfel erfasst werden? Wie kann der spektrale Datenwürfel ausgewertet werden? Was sind die Vor- und Nachteile der vier spektralen Bildgebungstechniken? Bei der Beantwortung dieser Fragen sind fachwissenschaftliche Konzepte von Newton (1671; 1679), Fraunhofer (1823) sowie Kirchhoff & Bunsen (1860) hilfreich.

## Literatur

- Adão, T., Hruška, J., Pádua, L., Bessa, J., Peres, E., Morais, R., & Sousa, J. J. (2017). Hyperspectral imaging: A review on UAV-based sensors, data processing and applications for agriculture and forestry. *Remote Sensing*, 9, 1110. doi:10.3390/rs9111110
- Anderson, R., Malila, W., Maxwell, R., & Reed, L. (1994). Military utility of multispectral and hyperspectral sensors (Report No. 246890-3-F). Ann Arbor, MI: Environmental Research Institute of Michigan
- Carl, T. (2017). Foto „Mini Papagei“. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mini\\_Papagei\\_\(223005905\).jpeg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mini_Papagei_(223005905).jpeg)
- Fehringer, I. (2013). Erstellung, Evaluierung und Re-Design von forschungsbasierten Unterrichtsmaterialien zum Thema Farbenlehre in der Sekundarstufe 1 (Dissertation, Universität Wien). URL: [http://othes.univie.ac.at/28547/1/2013-05-29\\_0808150.pdf](http://othes.univie.ac.at/28547/1/2013-05-29_0808150.pdf)
- Fraunhofer, J. (1823). Kurzer Bericht von den Resultaten neuerer Versuche über die Gesetze des Lichtes, und die Theorie derselben. *Annalen der Physik*, 74, 337-378. doi: 10.1002/andp.18230740802
- Grove, T. T., Millspaw, J., Tomek, E., Manns, R., & Masters, M. (2018). Using a shoebox spectrograph to investigate the differences between reflection and emission. *American Journal of Physics*, 86, 594-601. doi: 10.1119/1.5045205
- Grusche, S. (2014). Basic slit spectroscopy reveals three-dimensional scenes through diagonal slices of hyperspectral cubes. *Applied Optics*, 53, 4594-4603. doi: 10.1364/AO.53.004594
- Grusche, S. (2016a). Präkonzepte zur Projektion eines unscharfen Bildes mit einer Linse. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur Frühjahrstagung*, 2016, DD 05.30. URL: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/711>
- Grusche, S. (2016b). Präkonzepte zur Projektion und Inspektion durch ein Prisma. *Phy-Did B – Didaktik der Physik – Beiträge zur Frühjahrstagung*, 2016, DD 15.05. URL: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/710>
- Grusche, S. (2017a). Developing students' ideas about lens imaging: teaching experiments with an image-based approach. *Physics Education*, 52, 044002. doi: 10.1088/1361-6552/aa6d27
- Grusche, S. (2017b). Students' ideas about prismatic images: teaching experiments for an image-based approach. *International Journal of Science Education*, 39, 981-1007. doi: 10.1080/09500693.2017.1312625
- Grusche, S., & Theilmann, F. (2015). An RGB approach to extraordinary spectra. *European Journal of Physics*, 36, 055018. doi: 10.1088/0143-0807/36/5/055018
- Haagen-Schützenhöfer, C. (2017). Students' conceptions on white light and implications for teaching and learning about colour. *Physics Education*, 52, 044003. doi: 10.1088/1361-6552/aa6d9c
- Haagen-Schützenhöfer, C., Langer, S., Hiller, R., Klingensböck, A., Rohringer, C., Franz, G., Parzer, V., Ritt, P., Steiner, C., & Stifter, D. (2014). Vorstellungen zu weißem Licht. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur Frühjahrstagung*, 2014, DD 15.10. URL: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/518>
- Hurt, S. (2013). Astronomie als integraler Bestandteil des Physikunterrichts am Beispiel der Spektroskopie (Diplomarbeit, Universität Wien). URL: [http://othes.univie.ac.at/28103/1/2013-04-19\\_0705654.pdf](http://othes.univie.ac.at/28103/1/2013-04-19_0705654.pdf)
- Johnson, W. R., Wilson, D. W., Fink, W., Humayun, M., & Bearman, G. (2007). Snapshot hyperspectral imaging in ophthalmology. *Journal of Biomedical Optics*, 12, 014036. doi: 10.1117/1.2434950
- Kirchhoff, G., & Bunsen, R. (1860). Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen. *Annalen der Physik*, 186, 161-189. doi: 10.1002/andp.18611890702
- Laffers, W., Westermann, S., Regeling, B., Martin, R., Thies, B., Gerstner, A. O. H., Bootz, F., & Müller, N. A. (2016). Früherkennung kanzeröser Läsionen in Oropharynx und Mundhöhle: Automatisierte Evaluation hyperspektraler Bildstapel. *HNO*, 64, 27-33. doi: 10.1007/s00106-015-0109-3
- Lu, G., & Fei, B. (2014). Medical hyperspectral imaging: a review. *Journal of Biomedical Optics*, 19, 010901. doi: 10.1117/1.JBO.19.1.010901
- Miller, F. A. (1983). The history of spectroscopy as illustrated on stamps. *Applied Spectroscopy*, 37, 219-225. doi: 10.1366/0003702834634488
- Muckenfuß, H. (2006). Lernen im sinnstiftenden Kontext: Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. 1. Auflage, 2. Druck. Berlin: Cornelsen
- Nawrath, D. (2010). Kontextorientierung: Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht (Dissertation, Universität Oldenburg). URL: [http://oops.uni-oldenburg.de/1018/1/Nawrath\\_Kontextorientierung.pdf](http://oops.uni-oldenburg.de/1018/1/Nawrath_Kontextorientierung.pdf)
- Newton, I. (1671). A Letter of Mr. Isaac Newton [...] containing his New Theory about Light and Colors [...]. *Philosophical Transactions*, 6, 3075-3087. doi: 10.1098/rstl.1671.0072
- Newton, I. (1979). *Opticks*. Mineola, NY: Dover

Michaela Oettle<sup>1</sup>  
 Prof. Dr. Silke Mikelskis-Seifert<sup>1</sup>  
 Markus Schumacher<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PH Freiburg  
<sup>2</sup>Universität Freiburg

## Modellierung des Fachwissens von Lehrkräften in der Teilchenphysik

Ziel des vorgestellten Projekts ist die Modellierung des Fachwissens, welches vorrangig von gymnasialen Lehrkräften für das Unterrichten teilchenphysikalischer Themenkomplexe benötigt wird.

### Motivation und Theoretischer Rahmen

Teilchenphysik als Forschungsgebiet der modernen Physik beschäftigt sich kurz gefasst mit der Untersuchung subatomarer Strukturen, den elementaren Bausteinen der Materie, sowie deren Wechselwirkungen untereinander. Im Kontext des deutschen Schulunterrichts stellt die Teilchenphysik einen relativ jungen Themenkomplex in den Lehr- bzw. Bildungsplänen der Bundesländer dar. Praxiserfahrungen zeigen jedoch, dass das Thema eine große Faszination auf junge Menschen ausüben kann. Für eine ausführlichere Diskussion der Relevanz moderner Teilchenphysik für Schüler\*innen sei auf Oettle & Mikelskis-Seifert (2017) verwiesen. Gleichzeitig stellt das Unterrichten teilchenphysikalischer Themenkomplexe große Herausforderungen an die Lehrkräfte. Aus Sicht der fachdidaktischen Forschung besteht bislang weder Einigkeit über die Auswahl der teilchenphysikalischen Unterrichtsinhalte, noch über das Wissen, über das die unterrichtenden Lehrkräfte selbst verfügen sollten.

Hier knüpft das vorgestellte Projekt an. Es wird angestrebt, zunächst einmal das Fachwissen von Lehrkräften speziell für die Domäne Teilchenphysik zu modellieren. Fachwissen gilt als eine zentrale Komponente des Professionswissen einer Lehrkraft (Shulman, 1986; Borko & Putnam, 1997; Bromme 1997). Strukturbildende Modellierungen des Professionswissens im Allgemeinen und des Fachwissens im Besonderen sind durch eine Konzeptualisierung in verschiedene *Wissensdimensionen* gekennzeichnet, welche wiederum mehrere *Subfacetten* umfassen. Für das physikalische Fachwissen modelliert z.B. das Projekt *KiL* (Kröger, Euler, Neumann & Petersen, 2012) die Dimension der *Wissensarten* (deklaratives, prozedurales und strategisches Wissen) und die Dimension *Inhaltsbereich* (acht verschiedene physikalische Domänen). Vergleicht man die verfügbaren Modellierungen für physikalisches Fachwissen miteinander, so findet sich die Wissensdimension des *Inhaltsbereichs* als wiederkehrender Bezugsrahmen. Dem Problem der bislang fehlenden Modellierungen dieser Dimension speziell für die Domäne Teilchenphysik wird sich im vorgestellten Projekt angenommen.

### Forschungsfragen und -design

Um die Dimension *Inhaltsbereich* des Fachwissens zu modellieren bzw. zu strukturieren, wird die Frage gestellt, welche inhaltlichen Subfacetten sich identifizieren und präzise beschreiben lassen. Es wird somit angestrebt, die wichtigsten Grundkonzepte (*key ideas*) der Teilchenphysik mit Relevanz für das Wissen von Lehrkräften zusammenzustellen.

Im Forschungsdesign einer Delphi-Befragung (vgl. z.B. Häder, 2009) wird hierzu die Sichtweise von Expert\*innen aus Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Öffentlichkeitsarbeit auf das von Lehrkräften benötigte inhaltliche Fachwissen erhoben. Die Delphi-Methode mit der Ausrichtung Konsensfindung umfasst drei aufeinanderfolgende, anonymisierte Befragungsrunden. Die Runden wurden methodisch jeweils mithilfe von Online-Fragebögen realisiert. Die Befragungsrunden im Überblick:

- **Runde 1:** Offene Benennung der potenziell relevanten *key ideas* der Teilchenphysik durch die Expert\*innen und Zuordnung der Nennungen zu einem System von Wissenskategorien und -unterkategorien als erster Modellentwurf
- **Runde 2:** Inhaltsvalidierung des Modellentwurfs durch das Expert\*innengremium
- **Runde 3:** Konsensfindung unter den Expert\*innen über die fundamentalsten Wissenskategorien mithilfe von Relevanzeinschätzungen der verbliebenen Themen

### Ergebnisse aus Befragungsrunde 1

In der ersten Befragungsrunde nahmen  $N=65$  Expert\*innen aus 14 Ländern teil. Die offenen Antworten der Teilnehmenden zu der Frage nach den *key ideas* der Teilchenphysik konnten mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) und dem Abgleich mit universitären Standardlehrbüchern zu insgesamt 10 Haupt- und 41 Unterkategorien zusammengefasst werden. Auf Basis der Antworten der Expert\*innen konnte für jede Unterkategorie eine Kurzbeschreibung erarbeitet werden. Eine Beschreibung der Analyse und der Ergebnisse aus Runde 1 findet sich in Oettle, Mikelskis-Seifert und Schumacher (2018).

### Befragungsrunde 2

Für die Inhaltsvalidierung des Kategorienmodells aus Runde 1 wird die Frage gestellt, ob das gefundene System das zu modellierende Fachwissen von Lehrkräften in all seinen Facetten und nur in diesen abdeckt. Im Online-Fragebogen erhielten die Expert\*innen hierzu die Ergebnisse aus Runde 1 in Form des aufgestellten Kategoriensystems. Aufgrund der Vielzahl an Kategorien wurden ihnen jeweils nur drei von zehn Hauptkategorien mit den jeweiligen Unterkategorien und Kurzbeschreibungen gezeigt. Zu jeder Hauptkategorie wurden folgende Items eingesetzt:

- 1 geschlossenes Item: *Wie gut decken die angezeigten Unterkategorien das Wissen, das eine Lehrkraft zur angegebenen Hauptkategorie haben sollte, ab?* (Kontinuierliches Rating mit möglichen Werten zw. 0 und 100 %)
- 2 offene Items: *Gibt es angezeigte Unterkategorien, die kein Teil des von Lehrkräften benötigten Wissens sind? Gibt es Aspekte, die in der angezeigten Auflistung fehlen?*

Insgesamt nahmen  $N=56$  Expert\*innen aus elf Ländern an der Studie teil. Zwei Drittel der Teilnehmenden hatte bereits ebenfalls an Befragungsrunde 1 teilgenommen.

### Quantitative Ergebnisse

Die deskriptiven Kennwerte (Teilnehmerzahl  $N$ , Mittelwert  $MW$ , Standardabweichung  $SD$ ) zu Item 1 geben Auskunft über die Zustimmung der Expert\*innen zum Kategoriensystem und sind für die 10 Hauptkategorien aus Runde 1 in *Tabelle 1* dargestellt.

| Hauptkategorie                      | N  | MW [%] | SD [%] | $d_{max}$ (KSA) | $p$ (KSA) |
|-------------------------------------|----|--------|--------|-----------------|-----------|
| Struktur der Materie                | 12 | 92.67  | 9.12   | 0.72            | 0.000***  |
| Teilchen in der Hochenergiephysik   | 16 | 89.62  | 16.43  | 0.68            | 0.000***  |
| Grundlagen aus SRT und QM, QFT      | 10 | 79.70  | 24.47  | 0.49            | .013*     |
| Wechselwirkungen und Kräfte         | 15 | 85.33  | 21.40  | 0.59            | 0.000***  |
| Symmetrien und Erhaltungsgrößen     | 13 | 92.85  | 11.04  | 0.69            | 0.000***  |
| Teilcheninteraktionen und -zerfälle | 11 | 78.45  | 23.43  | 0.55            | .003**    |
| Higgs-Mechanismus und -Boson        | 15 | 90.60  | 16.20  | 0.62            | 0.000***  |
| Das Standardmodell                  | 14 | 85.00  | 12.70  | 0.62            | 0.000***  |
| Kosmologie & kosm. Strahlung, ART   | 14 | 79.79  | 18.24  | 0.50            | .002**    |
| Offene Fragen & theoret. Hypothesen | 15 | 77.20  | 19.24  | 0.46            | .003**    |

*Tabelle 1: Zustimmungsverhalten der Expert\*innen zu den 10 Hauptkategorien aus Runde 1*

Insbesondere anhand der durchweg hohen Mittelwerte kann auf eine generelle Zustimmung der Expert\*innen zu den vorgeschlagenen Kategorien geschlossen werden. Um festzustellen, wie aussagekräftig diese Ergebnisse im Rahmen der geringen Stichprobengrößen sind, wurde zusätzlich quantifiziert, wie stark die Rating-Daten von einem zufälligen Zustimmungsverhalten der Expert\*innen abweichen. Hierzu wurden die Verteilungen der gemessenen Daten mithilfe eines *Kolmogorov-Smirnoff-Anpassungstest* (KSA) mit einer zufällig erwarteten Gleichverteilung verglichen. Die Teststatistik  $d_{max}$  und die entsprechenden  $p$ -Werte sind ebenfalls in *Tabelle 1* dargestellt und bestätigen, dass die beobachteten Daten (hoch-) signifikant von einem zufälligen Zustimmungsverhalten der Expert\*innen abweichen.

#### Qualitative Auswertung

Analyseziel der beiden offenen Items aus Runde 2 ist die Optimierung des Kategoriensystem durch die Identifikation von wiederkehrenden, inhaltlich gut begründeten Mustern von Veränderungsvorschlägen innerhalb der offenen Antworten des Gremiums. Mithilfe einer inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2016) wurden zunächst alle Veränderungsvorschläge erfasst und systematisiert. Das erarbeitete Kodiermanual zeigte eine gute Interrater-reliabilität (Cohens  $\kappa = .68$ ). Nach Prüfung auf inhaltliche Korrektheit wurde anschließend aus den Veränderungsvorschlägen mit der größten Zahl an Nennungen ein finales, in sich konsistentes Set an Veränderungen am Kategoriensystem erarbeitet und direkt auf das Kategoriensystem aus Runde 1 angewendet. Das resultierende neue Kategoriensystem umfasst 10 Haupt- und 35 Unterkategorien und ist auszugsweise in *Abb. 1* dargestellt.

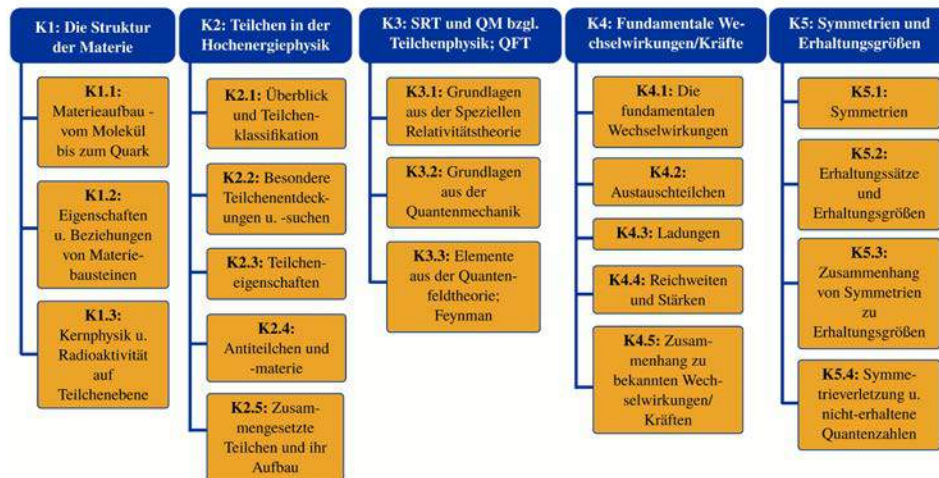


Abb.1: Fünf der zehn nach Befragungsrunde 2 erarbeiteten Fachwissenskategorien

#### Zusammenfassung und Ausblick

Für die Modellierung des *Inhaltsbereichs* des Fachwissens von Lehrkräften speziell für die Domäne Teilchenphysik konnte bislang Folgendes erreicht werden: Im Rahmen einer Delphi-Befragung wurden zunächst die potenziell relevanten *key ideas* der Teilchenphysik erhoben (Runde 1) und das daraus abgeleitete System von Wissenskategorien inhaltlich sowohl quantitativ als auch qualitativ validiert (Runde 2). Die Datenerhebung in Runde 3 ist bereits abgeschlossen. Hier schätzten noch einmal  $N = 42$  Expert\*innen alle verbleibenden Themen in Bezug auf ihre Relevanz für das Lehrerwissen ein. Die statistische Auswertung zur Herausarbeitung eines Konsens unter den Teilnehmenden zu den wichtigsten Themen der Teilchenphysik steht noch aus.



### Literatur

- Borko, H. & Putnam, R. (1996). Learning to Teach. In D. Berliner, & R. Calfee, *Handbook of Educational Psychology* (S. 673–708). New York: McMillan.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F.E. Weinert, N. Birbaumer & C.F. Graumann, *Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S. 177–212). Göttingen: Hogrefe Verl. für Psychologie.
- Häder, M. (2009). *Delphi-Befragungen* (2. Aufl. Ausg.). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss.
- Kröger, J., Euler, M., Neumann, K. & Petersen, S. (2012). Messung Professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt, *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht* (S. 616–618). Münster: LIT.
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse* (3. überarbeitete Auflage Ausg.). Weinheim; Basel: Beltz Juventa.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse* (12., überarb. Aufl. Ausg.). Weinheim: Beltz.
- Oettle, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2017). Professionswissen von Lehrkräften im Bereich der Elementarteilchenphysik. In C. Maurer & Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016* (S. 744–747). Regensburg: Universität Regensburg.
- Oettle, M., Mikelskis-Seifert, S. & Schumacher, M. (2018). Modellierung des Professionswissens in der Elementarteilchenphysik. In C. Maurer & Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen* (S. 170–173). Regensburg: Universität Regensburg.
- Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), S. 4–14.

Stefan Bechstein<sup>1</sup>  
 Achim Stahl<sup>1</sup>  
 Josef Riese<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen University

## Beschleuniger-Experimente mit sichtbarer Spur der Elektronen Eine Unterrichtsreihe in der Teilchenphysik

Im vorgestellten Projekt soll eine Unterrichtsreihe zur Teilchenphysik entwickelt werden, in dessen Rahmen ein Lehr-LINAC (vom englischen „linear accelerator“, Linearbeschleuniger) entwickelt und zum Einsatz kommen soll. Die konzeptionelle Grundlage bildet hierbei das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, et al., 1997), wonach den Schüler- vorstellungen zur Beschleunigerphysik eine besondere Rolle zukommt. Insbesondere das immer wieder benutzte Erklärungsmodell „Teilchen ziehen sich an“ soll berücksichtigt werden, da daraus zur Deutung von Beschleunigung und Fokussierung häufig falsche Erklärungen resultieren. Im Beitrag werden anknüpfend an eine Sachstruktur-Analyse zur Unterrichtsreihe erste Ergebnisse einer Schulbuch-Analyse vorgestellt und es wird hergeleitet, warum für die Erklärung der Teilchenphysik-Phänomene die Nutzung des Äquipotenzialflächen-Modells priorisiert wird. Schließlich werden Berechnungen und Pläne zum Lehr-LINAC sowie zu mechanischen Modellen gezeigt und Perspektiven für einen Einsatz in der Hochschule skizziert. Zur Motivation des Projekts sei auf den letztjährigen Tagungsband (Bechstein, Riese und Stahl, 2017) verwiesen.

### Vorgehensweise und inhaltlicher Fokus

Die Entwicklung der Unterrichtseinheit zur Beschleunigerphysik soll in Anlehnung an das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) erfolgen (vgl. Abb.1). Dabei sollen insbesondere Erklärungsmodelle und Analogien zu Alltagserfahrung angeboten werden. Der inhaltliche Schwerpunkt der Unterrichtsreihe soll dabei auf Elementarteilchen (insb. Elektronen), deren Bewegung im elektrischen Feld sowie die Eigenschaften gepulster Teilchenstrahlen sein. Ursprünglich sollte auch die Bewegung im B-Feld berücksichtigt werden, Analysen, Simulationen, Messungen und Fachgespräche haben aber gezeigt, dass es mit heutigen technischen Möglichkeiten nicht umsetzbar ist, ein Lehr-Zyklotron mit sichtbarem Elektronenstrahl zu bauen. Daher wird auf eine experimentelle Umsetzung der Bewegung von Teilchen im magnetischen Feld verzichtet.



Abb.1: Modell der Didaktischen Rekonstruktion  
 (nach Duit, 2007)

### Schülerperspektiven und Modellvorstellungen

Die Erfassung der Schülerperspektive erfolgte mittels einer Fragebogenerhebung (N=60) in Klassen EF/10 und Q1/11 sowie leitfadengestützten Interviews (N=9) zum Atom-, Teilchen- und Feld-Modell (Mertens, 2018). Dabei wurden Indizien dafür gefunden, dass es in diesem Inhaltsbereich vermutlich keine stabilen Schülervorstellungen gibt. Darüber hinaus werden tragfähige Analogien, mit denen die Lernenden die Prozesse beim Beschleunigen von Elektronen richtig beschreiben oder vorhersagen können, kaum verwendet. Schulbücher verweisen üblicherweise auf das Feldlinien-Modell, mit dem die Kraftwirkung auf eine ruhende Ladung durch Pfeile dargestellt wird. Zu diesem Modell gibt es jedoch keine Analogie mit Alltagsbezug. Eine Schulbuch-Analyse zeigt vielmehr ein vollständiges Fehlen einer Bezugnahme auf mögliche Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler (vgl. Franke, in Vorbereitung). Lernende nutzen zur Erklärung, warum Elektronen beispielsweise in einem

Wehnelt-Zylinder beschleunigt werden, die Ladungseigenschaften von Teilchen und Oberflächen, statt auf die Ladung-Feld-Wechselwirkung zu verweisen. In den folgenden Skizzen wird versucht, die beiden vorherrschenden Erklärungsversuche graphisch darzustellen.

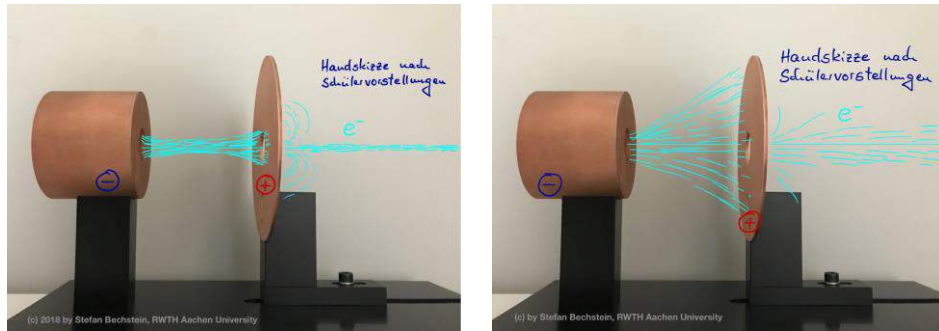


Abb.2: Foto des Wehnelt-Zylinder-Modells mit skizzenhafter Darstellung der Schülervorstellung. Bild links: Die positiven Ladungen auf der Platte ziehen die Elektronen an, die dann mit Schwung durch das Loch fliegen. Bild rechts: Die Lochblende funktioniert wie eine Lochblende beim Licht.

Beide Modellvorstellungen versagen bei dem Versuch, eine Erklärung für den tatsächlichen Strahlverlauf zu finden. Mit Hilfe der Simulation des Potentials zwischen den beiden leitenden Oberflächen gelingt es aber, die Form eines Elektronenstrahls, der effektiv fokussiert durch die Mitte des Blendenloches fliegt, zu erklären: wie Kügelchen in einer schrägen Rinne werden die Elektronen durch das elektrische Feld gebündelt und beschleunigt. Mit diesem Modell wäre eine tragfähige Analogie zu Alltagserfahrungen hergestellt, was folgende Vermutung nahelegt: Stellt man den Lernenden den Potenzialverlauf eines E-Feldes dar und fragt, wie sich ein Teilchen in ihm bewegen wird, greifen sie intuitiv zum Vergleich mit geografischen Formen oder Höhenlinien und prognostizieren die Bewegung eines Teilchens in diesem Feld richtig.

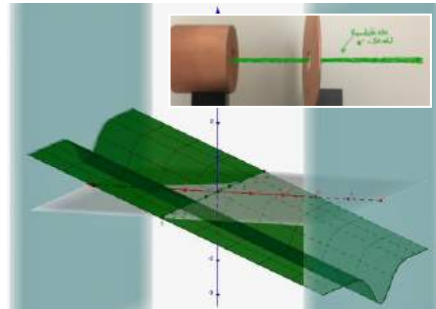


Abb. 3: Animation (groß) des Potenzialverlaufs zwischen den leitenden Oberflächen und Skizze (klein) des Strahls einer Elektronenkanone.

#### Entwicklung eines Lehr-LINACs und eines mechanischen Modells

Die Beschleunigung von Elementarteilchen, die man bei klassischen Geschwindigkeiten von bis zu  $v_{\max} \approx 8,39 \cdot 10^6$  m/s als Spur in einem Leuchtgas sehen und über Oszilloskop-Pulse messen kann, soll im fertigen Lehr-LINAC untersucht werden können. Ein wesentlicher Anteil des Projekts entfällt auf dessen Neuentwicklung zu Lehrzwecken. Vor 91 Jahren hat Wideröe im Rahmen seiner Doktorarbeit an der RWTH Aachen University (1928) den ersten Linearbeschleuniger gebaut. Seine Kenntnisse und Erfahrungen können wir nutzen und nah am historischen Vorbild Driftröhren in einem Glaszylinder so anordnen, dass Drift- und Beschleunigungs-Bereiche gut zu sehen sind (Abb.4). Die Röhre soll mit vier beschleunigenden E-Feldern ausgestattet werden, die durch Wechselspannungen von bis zu  $U_{b,\max} \approx 50$  V bei variabler Frequenz erzeugt werden. In der geplanten Experimentieranordnung (Abb.4) sind die meisten Grundfunktionen der großen Beschleuniger aus Forschung und Entwicklung enthalten, so dass eine spätere Übertragung auf große Anlagen leicht möglich wird.

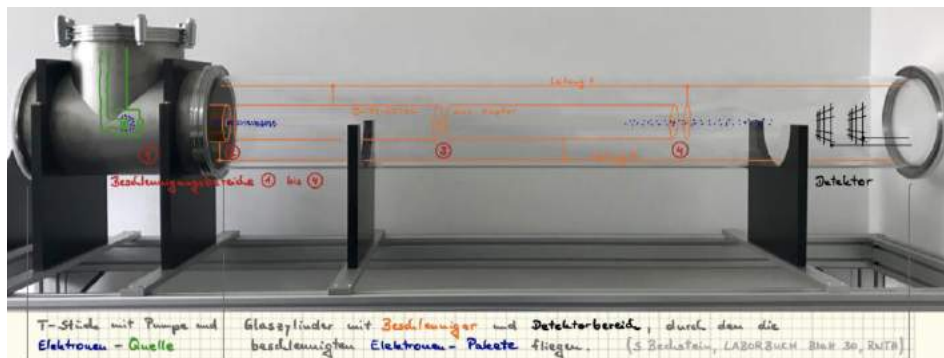


Abb. 4: Foto der gebauten Vakuum-Kammer mit Handskizze der Beschleuniger-Elemente (orange, mittig) und des Geschwindigkeits-Detektors (schwarz, rechts). Kenndaten: Energie  $E_{kin,max}=0.2 \text{ keV}$ , Wechselfrequenz  $f_{max}=20 \text{ MHz}$ , Länge  $1.5 \text{ m}$ , Leuchtgas

Weitere Prämissen für die Entwicklung sind, dass der Lehr-LINAC als Zentral-Experiment von Lernenden durchgeführt werden kann, er als Praktikums-Versuch oder Experiment in Lehr-Lern-Laboren geeignet ist und er trotz aller Komplexität leicht und zuverlässig bedienbar bleibt. Die Lernenden sollen später gemeinsam experimentieren können – verbunden mit der Möglichkeit, selbst zu steuern und zu beobachten, wie aus einer Elektronenwolke ein gepulster Strahl wird.

Mit Blick auf die Elementarisierung des Themengebiets scheint die Versuchsanordnung geeignet dafür, die vielen fachlichen Zusammenhänge zwischen den physikalischen Parametern sukzessive zu überprüfen. Entsprechend der Sachstruktur-Analyse ist hier unter anderem die Wechselwirkung zwischen Beschleunigung und Wechselfrequenz, zwischen Feldform und Strahlform sowie zwischen Pulslänge und Frequenz zu nennen.

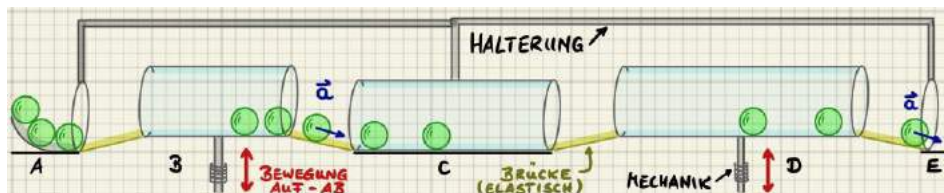


Abb. 5: Entwurfsskizze eines mechanischen LINAC-Modells mit Kugeln und schiefen Ebenen

Darüber hinaus ist ein mechanisches Modell geplant (Abb.5), mit welchem die Lernenden die Entstehung eines gepulsten Teilchenstrahls nachvollziehen können sollen. Das gleichzeitige Heben/Senken der Röhren B und D symbolisiert das Auf und Ab der Spannung in den entsprechenden Driftröhren des Lehr-LINACs.

### Ausblick

Nach den erfolgreichen Tests der Feinvakuum-Kammer müssen im nächsten Schritt Quellen- und Gas-Tests zeigen, dass ein gut sichtbarer Teilchenstrahl erzeugbar ist. Parallel zu technischen Entwicklungen werden erste exemplarische Unterrichtseinheiten mit Wehnelt- und LINAC-Modell getestet. Für den Einsatz in Vorlesungen, Schülerlaboren oder Praktika werden die Möglichkeiten des binnendifferenzierten Unterrichtens untersucht und die Sachstruktur-Analyse/fachliche Reduktion jeweils auf die Lehre passend zu den jeweiligen Vorkenntnissen angepasst. Der Lehr-LINAC könnte dann, verknüpft mit unterschiedlichen Fragestellungen und Experimentier-Aufträgen, als Lehrversuch von Schule bis Universität eingesetzt werden.

### Literatur

- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3(3), 3-18.
- Mertens, T (2018). Explorative Studie zu Schülervorstellungen in der Teilchen- und Beschleunigerphysik mittels Fragebögen und Interviews. Bachelorarbeit am Institut für Didaktik der Physik und Technik, RWTH Aachen University
- Wetzel & Haller, Bandiera, Hammelev, Koumaras, Niedderer, Paulsen, Robinault, v. Aufschnaider (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4(1), 29-44
- Mikelski-Seifert, Leisner (2003): Das Denken in Modellen fördern: Ein Unterrichtsbeispiel zur Entwicklung von Teilchenvorstellungen. Unterricht Physik, 14, Heft 74, 32-34. In den PIKO-Briefen heißt es: „Die Konzeption des Lernens über Teilchenmodelle“ (Aspekt 3,3)
- Wideröe, M. (1928). Über ein neues Prinzip zur Herstellung großer Spannungen. Dissertation an der RWTH Aachen University

Axel Eghtessad<sup>1</sup>  
 Dagmar Hilfert-Rüppell<sup>1</sup>  
 Kerstin Höner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TU Braunschweig

## **Reflexionsfokus Sprachlichkeit: Studierende analysieren die L-S-Kommunikation eigenen Unterrichts**

### **Hintergrund**

Die Kommunikation zwischen Lehrkraft und Schüler\_innen (L-S) im Unterrichtsgespräch stellt einen wesentlichen Aspekt der Fachunterrichtsqualität dar (Rixius & Neuhaus, 2010). Lehren und Lernen ist ohne die Nutzung von Sprache nicht möglich, wobei im Hinblick auf die verwendete Unterrichtssprache neben in den Fächern unterschiedlichen Fachsprachen auch allgemeine Sprachfähigkeiten bedeutsam sind (Cummins, 1980; Sumfleth et al., 2013). Für die Lernenden aller Jahrgangsstufen und Schulformen ist der Erwerb von Fachsprache Ziel des Fachunterrichts und auch Voraussetzung für ein erfolgreiches Lernen im Fach (Sumfleth et al., 2013). Die entsprechende unterrichtssprachliche Kommunikation als Teil der Bildungssprache zeichnet sich unter anderem durch Abstraktion, Präzision und die Notwendigkeit kontextunabhängiger Nachvollziehbarkeit von Informationen aus (vgl. z.B. Busch, 2012, S. 13f). Die naturwissenschaftlichen Fächer sind dadurch geprägt, dass Fachsprache auf verschiedenen linguistischen Ebenen und auf unterschiedlich abstrakten Darstellungsebenen zur Geltung kommt (Parchmann & Bernholt, 2013). Ralle (2015) argumentiert, dass die Sprachbildung angehender Lehrkräfte im Studium auf fachdidaktischer Ebene nicht ausreichend gefördert werde und noch nicht als eine der „zentralen Aufgaben“ (ebd., S.4) der Fachdidaktiken wahrgenommen werde.

### **Pilotstudie Sprachlichkeit: Videobasierte Reflexion von Unterricht in Praxisphasen**

Die vorliegende Studie fokussiert auf die Analyse der Sprachlichkeit des eigenen Unterrichts von Studierenden anhand von Videosequenzen (Videovignetten) unter Verwendung eines Analyserasters. Die Einschätzung der Nützlichkeit dieses Analyserasters und der Videografie wurden in Kurzinterviews an den Probanden erhoben.

Studierende stehen bereits in der universitären Ausbildungsphase vor der Herausforderung, neben der Fähigkeit zur professionellen Unterrichtswahrnehmung (Sunder, Todorova & Möller, 2015) auch die Qualität ihres eigenen Unterrichts voranzutreiben. Dieses Kontinuum zwischen Disposition und Performanz (Krüger & Korneck, 2018) ist durch einen Dreischritt aus Wahrnehmung, Interpretation und Entscheidungsfindung gegliedert (ebd.). Für die Unterstützung der Studierenden bei der Unterrichtsanalyse gemäß dieses Dreischritts ist der Einsatz von Unterrichtsvideografien auf vielfältige Weise geeignet. Mit Hilfe dieses Mediums kann unterrichtliche Praxis auch bereits in der Universität nutzbar gemacht werden (Blomberg et al, 2013). Durch die sprachliche Analyse von L-S-Kommunikation im Fachunterricht wird weiterhin die professionelle Wahrnehmung der Studierenden gefördert, da durch den Analysefokus eine Sensibilisierung für die Verbindung von Sprache und Handeln hergestellt wird. Sprachlichkeit umfasst dabei nach Vollmer & Thürmann (2009) die Dimensionen Sprachverwendung (vgl. auch Parchmann & Bernholt, 2013) und Sprachhandeln (vgl. Austin, 1962). In der vorliegenden Studie kommt ein Analyseraster „Sprachlichkeit im Fachunterricht“ (modifiziert und erweitert nach Thürmann & Vollmer, 2011) zum Einsatz. Neben den Dimensionen Sprachverwendung und Sprachhandeln, die in der L-S-Kommunikation vorrangig im Modus der Mündlichkeit (vgl. Tajmel, 2009) verortet sind, ist der Modus der Schriftlichkeit (ebd.) bei der Unterrichtsanalyse über die reine Fachsprache hinaus zu berücksichtigen. Es ergeben sich vier übergeordnete Analysekatoren für das Analyseraster: 1. unterrichtliche Sprachverwendung der Lehrkraft; 2. Gelegenheit für die Schülerinnen und Schüler zum Sprachhandeln und

Interaktion im Unterricht; 3. gezielte Unterstützung für fachunterrichtlich spezifische sprachliche Mittel, Strategien und Textsorten; 4. sprachliche Angemessenheit von Materialien.

### **Probanden, Treatment, Datenerhebung**

28 Master-Lehramts-Studierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik wurden im Rahmen eines 16-wöchigen Praxisblocks durch gemeinsame Lehrveranstaltungen zur Analyse und Optimierung von Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern vorbereitet, begleitet und nachbereitet. Die Veranstaltungen wurden betreut durch Fächer-Tandems aus Lehrkräften aus dem Schuldienst, die auch Fachseminarleitungen in Biologie, Chemie und Physik innehaben sowie Universitäts-Dozent\_innen. Nach fachspezifischen Blöcken zur Unterrichtsplanung wurden in sechs über das Wintersemester verteilten Sitzungen drei 45-Minuten-Unterrichtsstunden aus den drei beteiligten Fächern je 45 Minuten lang im Plenum beschrieben, analysiert und Handlungsalternativen entwickelt. Anhand den Studierenden bekannter, fachdidaktischer Kriterien wurden schwerpunktmäßig die Phasen des Unterrichtseinstiegs, die Stellung des Arbeitsauftrags für die Erarbeitung und die Stundensicherung bzw. der Stundenabschluss betrachtet. Dabei handelt es sich hierbei jeweils um Plenumsphasen des Unterrichts mit hohem Anteil an L-S-Kommunikation. Aus jeder der drei Stunden wurde durch die Fächer-Tandems eine Videovignette, d.h. eine kurze zusammenhängende Sequenz zwischen zwei und vier Minuten, gewählt, z.B. aus dem Einstieg. Diese wurde jeweils eine Woche später im Seminar in Kleingruppenarbeit beschrieben, analysiert, um Handlungsalternativen ergänzt und abschließend im Plenum die Ergebnisse diskutiert. Für die dritte Videovignette erfolgte vorab ein Input zu Sprachlichkeit und dem Umgang mit dem Analyseraster Sprachlichkeit (vgl. Thürmann & Vollmer, 2011). Die Vignettenanalyse erfolgte analog der vorigen zwei Durchgänge, ebenfalls bezogen auf die o.a. Phasen hoher L-S-Kommunikation, nun auch auf Sprachlichkeit fokussiert. Im Sommersemester waren die Studierenden zum Praxisblock an Schulen; es fanden je Student\_in je Fach zwei Unterrichtsbesuche à 45 Minuten mit ca. 60-minütigen, individuellen Beratungsgesprächen statt. Der zweite Besuch stellte im Regelfall einen Tandembesuch dar, der Unterricht wurde mittels Schwenkkamera videografiert. Aus dem Material wurde in Absprache mit den Studierenden je nach Reflexionsbedarf aus Einstieg oder Arbeitsauftrag oder Sicherung eine Videovignette geschnitten. Der Analyseauftrag für die Vignette wurde, um die Studierenden nicht zu überfordern, aus einer oder zwei Hauptkategorien des Analyserasters Sprachlichkeit gewählt. Der / die Student\_in erstellte zu ihrer Vignette ein wortwörtliches Transkript und nahm eine Einteilung in Analyseabschnitte entsprechend eines Event-Sampling vor (Faßnacht, 1995). Die professionelle Unterrichtswahrnehmung der Studierenden wird dabei im o.g., immer gleichen, Dreischritt „Schulung der Wahrnehmung“, der „kritisch-analytischen Reflexionsfähigkeit“ und der „Entwicklung von Handlungsalternativen“ gefördert. Etwa eine Woche nach dem Tandembesuch fand ein zusätzliches, ca. 50-minütiges Beratungsgespräch statt. Grundlage des Gesprächs war jeweils der Abgleich einer von Universitätsdozent\_in und Student\_in individuell auf Basis der Vignette und des Transkripts mit Hilfe des Analyserasters Sprachlichkeit vorzubereitenden Analysetabelle. Diese war mit Beschreibung, Analyse und Handlungsalternativen gemäß dem gewählten Arbeitsauftrag zu versehen. Mittels MAXQDA (Version 2018) wurden die Tabellen der Dozent\_innen und Studierenden inhaltsanalytisch ausgewertet. Nach den Gesprächen wurden die Studierenden in Kurzinterviews zu ihrer Einschätzung des Nutzens der Videografie ihres Unterrichts und des Nutzens einer sprachlichkeitsbasierten Vignetten-Analyse befragt. Diese Interviews wurden transkribiert und mit MAXQDA inhaltsanalytisch kategorisiert.

### **Ergebnisse – Interviews: Videografie eigenen Unterrichts, Sprachlichkeit**

Alle Studierenden nutzen das vorgegebene Analyseraster Sprachlichkeit, identifizieren im Schnitt 13,7 Event-Samples und nehmen zwischen 23 und 129 Subkategorienzuordnungen

vor. Die Arbeit mit dem Analyseraster wird von knapp einem Drittel positiv hervorgehoben (n=8), z.B.: „*ich fand das sehr hilfreich und auch gut geeignet, weil ich finde mit der sprache kann man sehr, sehr viel machen (...)*.“ Vier Probanden geben an, dass die Analysekatoren ihnen überhaupt erst eine Sprache zur Analyse vermittelt hätten: „*hilfreich auf jeden fall, weil ich einfach allein nicht wüsste wie ich das dann hätte in der analyse aufschreiben sollen, was ich dann, was mir aufgefallen ist.*“ Es wird auch Kritik geäußert, so sei das Analyseraster zu grob (n=4), anderen ist es zu detailliert (n=5), wieder andere wünschen sich eine Analyse anhand aller vier Hauptkategorien und keine Beschränkung bei der Auswahl wie durch den Arbeitsauftrag gegeben (n=5). 22 Studierende heben explizit positiv hervor, sich selber im Video sehen zu können: „*also es ist zum einen interessant sich selbst zu sehen und dann ist es eher so, dass was man sonst zu hören bekommt [im Reflexionsgespräch] auch wirklich mal selbst sehen kann.*“ Acht Studierende äußern eine anfängliche Nervosität wegen der Filmaufnahme, die je nach Proband mit Stundenbeginn bzw. nach etwa drei Minuten vorbei war. Es wird auch geäußert, dass es belastend ist, sich selber zu sehen und zu hören (n=2).

### **Ergebnisse - Analysetabellen**

Die Analyse im vorgegebenen Dreischritt eignet sich auch bei dem Analysefokus Sprachlichkeit. Die Werte in der Interrater-Übereinstimmung zwischen Studierenden-Analysen und denen der Dozent\_innen sind jedoch nicht befriedigend, bei einigen Werten wird Krippendorffs Alpha sogar negativ, was auf ein systematisches Disagreement hinweist. Hierzu fällt auf, dass die Studierenden ihren eigenen Unterricht detaillierter analysieren als die Dozent\_innen. Die Antworten der Dozent\_innen sind allerdings fokussierter auf den entsprechenden Analyseabschnitt und deutlicher auf die Handlungsalternativen bezogen. Die Handlungsalternativen der Dozent\_innen sind auf einem homogenen Niveau hoch, die der Studierenden teils kongruent zu Schritt eins und zwei der Analyse, aber über die Stichprobe gesehen sehr heterogen, unabhängig von z.B. Fächerkombinationen.

### **Diskussion und Ausblick**

Die unbefriedigende Übereinstimmung von Studierenden- und Dozent\_innen-Analysen resultiert wahrscheinlich daraus, dass die Dozent\_innen auf eine andere Unterrichtserfahrung zurückgreifen und daher fokussierter analysieren und elaboriertere Handlungsalternativen formulieren können als Lehramtsstudierende, die als Novizen in ihrem dritten Schulpraktikum unterrichten. Teilweise wurde festgestellt, dass es den Studierenden wichtiger ist, sich selber im Video zu sehen als ihren Unterricht (fach)sprachlich zu analysieren. Krüger & Kornecks (2018) Konzeption folgend, scheint die eigene Performanz als wichtiger empfunden zu werden als die eigene (fach)sprachliche Kompetenz. Vergleicht man diesen Befund aber mit den Analysetabellen, die eine (hinreichend) gute Analyseleistung bei im Schnitt ausbaufähigen, aber gemessen am Ausbildungsstand angemessenen, Handlungsalternativen zeigen, ist es angezeigt, die Sensibilisierung der Studierenden für sprachliches Handeln als kumulative Aufgabe zu begreifen (Busker & Budde, 2015). Über mögliche studentische Einstellungsausprägungen hinsichtlich Bedeutung von (Fach)sprache für die Unterrichtsqualität liegen keine Daten vor, möglicherweise haben diese aber einen Einfluss auf die individuelle Anwendung und die individuellen Ansprüche an das Analyseraster Sprachlichkeit. Es kann dennoch vermutet werden, dass das Analyseraster Sprachlichkeit ein nützliches Werkzeug zur Schulung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden darstellt und sein Potential gerade in der Ermöglichung des mehrperspektivischen Zugangs liegt. Auf Basis der Ergebnisse dieser Pilotstudie soll in Zukunft erhoben werden, inwiefern die Studierenden in Vorbereitung auf Praktika mithilfe eines Reflexionsfokus auf Sprachlichkeit Unterricht differenzierter und vertiefter reflektieren als in einer klassisch fokussierten Reflexion. Ziel ist dabei auch, das Analyseraster weiterzuentwickeln.



## Literatur

- Austin, J. L. (1962). *How to Do Things with Words: The William James Lectures delivered at Harvard University in 1955*. Urmson, J.O., Sbisà, M. (Hrsg.). 2., überarbeitete Auflage. Oxford: Clarendon.
- Blomberg, G., Renkl, A., Sherin, M. G., Borko, H. & Seidel, T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. *Journal for Educational Research Online*, 5(1), 90-114.
- Busch, H. (2012). *Möglichkeiten der Diagnostik und Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemieunterricht*. Berlin: Uni-Edition.
- Busker, M. & Budde, M. (2015). Fachspezifische Qualifikation zur Sprachförderung im Lehramtsstudium. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*, 35 (S. 49-51). Kiel: IPN. Online unter: [http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP\\_Band35.pdf](http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band35.pdf) [05.09.18]
- Cummins, J. (1980). The construct of language proficiency in bilingual education. In J. E. Alatis, (Hrsg.) *Current Issues in Bilingual Education* (S. 81-103). Washington: Georgetown University Press.
- Faßnacht, Gerhard. 1995. *Systematische Verhaltensbeobachtung. Eine Einführung in die Methodologie und Praxis*. München: Reinhardt.
- Krüger, M., Korneck, F. (2018). Professionelle Wahrnehmung im Chemie- und Physikunterricht: Gemeinsamkeiten und Unterschiede aktueller Forschungsvorhaben. In S. Bernholt (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*, 38 (S. 54-57). Regensburg: Universität Regensburg.
- Parchmann, I., Bernholt, S. (2013). In, mit und über Chemie kommunizieren - Chancen und Herausforderungen von Kommunikationsprozessen im Chemieunterricht. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H.J. Vollmer (Hrsg.), *Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen* (S. 241-253). Münster: Waxmann. S. 241-253.
- Ralle, B. (2015): Sprachliche Heterogenität und fachdidaktische Forschung. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 4-18). Kiel: IPN.
- Rautenstrauch, H. (2017). Erhebung des (Fach-)Sprachstandes bei Lehramtsstudierenden im Kontext des Faches Chemie. Berlin: Logos.
- Rixius, J. & Neuhaus, B. (2010). Die Qualität des Unterrichtsgesprächs im Biologieunterricht – eine Videostudie. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 9, 179-193.
- Sherin, M. & van Es, E. A. (2009). Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. *Journal of Teacher Education*, 60(1), 20-37. doi: 10.1177/0022487108328155
- Sumfleth, E., Kobow, I., Tunali, N. & Walpuski, M. (2013). Fachkommunikation im Chemieunterricht. In: M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H.J. Vollmer (Hrsg.), *Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen* (S. 255-276). Münster: Waxmann.
- Sunder, C., Todorova, M. & Möller, K. (2015). Die professionelle Wahrnehmung von Sachunterrichtsstudierenden fördern. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*, 35 (S. 133-135). Kiel: IPN. Online unter: [http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP\\_Band35.pdf](http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band35.pdf) [05.09.18]
- Tajmel, T. (2009). Die Vermittlung von Bildungssprache in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern. In Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung (Hrsg.), *Sprachförderung/Deutsch als Zweitsprache: Fachbrief Nr. 6*. (S. 2-7). Berlin.
- Thürmann, E., Vollmer, H.J. (2011). Checkliste zu sprachlichen Aspekten des Fachunterrichts. Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule NRW (Hrsg.). Online unter <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/2975> [05.09.18]
- Vollmer, H. J., Thürmann, E. (2009). Zur Sprachlichkeit des Fachlernens: Modellierung eines Referenzrahmens für Deutsch als Zweitsprache. In: B. Ahrenholz (Hrsg.), *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache* (S. 107-132). Tübingen: Narr.

Oliver Grewe  
 Mareike Bohrmann  
 Maria Todorova  
 Kornelia Möller

Universität Münster

## **Selbstwirksamkeitsüberzeugungen hinsichtlich des Erkennens, Planens und Durchführens sprachsensibler Lernunterstützung fördern**

### **Ausgangslage und Zielsetzung**

Die Professionelle Wahrnehmung gilt als grundlegend für das Handeln von Lehrkräften und die Reflexion von Unterricht (Hamre et al., 2012; Kersting et al., 2012); sie scheint domänen-spezifisch zu sein (Steffensky et al., 2015). Studien zeigen bereits, dass die Professionelle Wahrnehmung von lernunterstützenden Maßnahmen in der Domäne des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts bereits im Studium durch den Einsatz von Videos gefördert werden kann (Sunder et al., 2015, 2016). Ungeklärt ist, ob die Förderung auch bezüglich sprachsensibler Lernunterstützung möglich ist. Vor dem Hintergrund, dass die Förderung der professionellen Wahrnehmung (bezüglich der Klassenführung) in einer Lehrveranstaltung zu einem Anstieg der lehrerbezogenen Selbstwirksamkeitsüberzeugungen führt (Gold et al. 2017), wird aktuell zum einen untersucht, inwiefern Selbstwirksamkeitsüberzeugungen bzgl. des Erkennens, Planens und Durchführens von Unterricht mithilfe einer video- und praxisbasierten Lehrveranstaltung gefördert werden können, und zum anderen, welche Elemente der Lehrveranstaltung für die Förderung der Selbstwirksamkeitsüberzeugungen aus Sicht der Studierenden relevant sind.

### **Professionelle Wahrnehmung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen**

Die professionelle Wahrnehmung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen stellen wichtige Prädiktoren für qualitätsvolles Unterrichtshandeln dar (Bandura, 1997; Schwarzer & Warner, 2014). Die Professionelle Wahrnehmung umfasst das Erkennen (*selective attention/noticing*) und theoriegeleitete Interpretieren (*knowledge-based reasoning*) lernrelevanter Unterrichtsergebnisse (Sherin, 2007). Im vorliegenden Beitrag bezieht sich die professionelle Wahrnehmung auf Maßnahmen der sprachsensiblen Lernunterstützung, die aufgrund zunehmender Heterogenität hinsichtlich der Sprachstände von Grundschülerinnen und Grundschülern für angemessenes (Fach-)Lernen erforderlich erscheint (Pieneker-Fischer, 2017). Selbstwirksamkeitsüberzeugungen werden als subjektive Überzeugungen bezeichnet, ein Ziel in einer neuen oder schwierigen Situation durch eigene Kompetenzen erreichen zu können (Schwarzer & Jerusalem, 2002). Insbesondere lehrerbezogene Selbstwirksamkeitsüberzeugungen scheinen die Unterrichtsplanung und -durchführung positiv zu beeinflussen (Bach, 2013) und einen positiven Einfluss auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler zu haben (z. B. Ashton & Webb, 1986; Ross, 1992). Die Fördermöglichkeiten der lehrerbezogenen Selbstwirksamkeitsüberzeugungen sind vielfältig: (1) Eigene Erfahrungen im Unterrichten, (2) stellvertretende Erfahrungen durch Beobachtung von Lehrpersonen und (3) sprachliche Unterstützung zum Beispiel durch betreuende Lehrpersonen werden als wichtige Quellen zur Entwicklung und Veränderung von lehrerbezogenen Selbstwirksamkeitsüberzeugungen angesehen (Bandura, 1997). Bezüglich des Zusammenhangs zwischen eigenen Praxiserfahrungen und lehrerbezogenen Selbstwirksamkeitsüberzeugungen zeigt sich ein differenzielles Bild: Einige Studien weisen einen positiven Zusammenhang nach (Hoy & Woolfolk, 1990; Li & Zhang, 2000; Woolfolk Hoy & Burke Spero, 2005), andere berichten von einer Abnahme der Selbstwirksamkeitsüberzeugungen durch Praxiserfahrungen (Lamote & Engels, 2010; Capa Aydin & Woolfolk Hoy, 2005; Rabe, Meinhardt & Krey, 2012). Insgesamt deuten die Befunde darauf

hin, dass eher die Qualität der Praxiserfahrungen – z.B. die Intensität der Anleitung und Begleitung der Studierenden seitens einer erfahrenen Lehrkraft – und weniger die Quantität für einen Zuwachs eine entscheidende Rolle spielt (Schulte, 2008).

Zum Zusammenhang von professioneller Wahrnehmung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen konnten Gold et al. (2017) zeigen, dass eine Schulung der professionellen Wahrnehmung (von Klassenführung) bei Studierenden im Rahmen eines Seminars mittels einer theoriebasierten Analyse von Unterrichtsvideos – ergänzt mit der Durchführung und videobasierter Analyse eigenen Unterrichts – mit einem Anstieg der Selbstwirksamkeitsüberzeugungen bezüglich der Fähigkeit zu einer guten Klassenführung einherging.

### Fragestellungen und Hypothesen

Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll zu untersuchen, (1) inwiefern eine video- und praxisbasierte Intervention zur Förderung der professionellen Wahrnehmung sprachsensibler Lernunterstützung sich positiv auf die Selbstwirksamkeitsüberzeugungen bzgl. (a) des *Erkennens* (als Teilaspekt der professionellen Wahrnehmung), (b) *Planens* und (c) *Durchführens* sprachsensibler Lernunterstützung auswirkt und (2) welche Elemente des Seminars (Einsatz von Videos bzw. eigene Praxiserfahrung) einen Zuwachs begünstigen.

In Anlehnung an Gold et al. (2017) wird zu (1) erwartet, dass Studierende, die eine video- und praxisbasierte Lehrveranstaltung besuchen, bzgl. (a), (b) und (c) nach der Lehrveranstaltung höhere Selbstwirksamkeitsüberzeugungen haben als vor der Veranstaltung. Bei Studierenden einer Kontrollgruppe ohne vergleichbare Lehrveranstaltung werden keine signifikanten Veränderungen in diesem Bereich erwartet. Hinsichtlich der selbsteingeschätzten Relevanz der Seminarelemente – *Analyse von Videos* bzw. *eigene Unterrichtserprobung* – für den persönlich wahrgenommenen Lernertrag hinsichtlich einer sprachsensiblen Lernunterstützung im Seminar (LesL) ist (2) ein positiver Zusammenhang zwischen der Einschätzung der *Relevanz der Videoanalyse* und der Selbstwirksamkeitsüberzeugung hinsichtlich des *Erkennens* und *Planens* sprachsensibler Lernunterstützung, nicht aber hinsichtlich des *Durchführens* zu erwarten. Des Weiteren wird erwartet, dass die Einschätzung der *Relevanz der eigenen Unterrichtserprobung* für LesL positiv mit der Selbstwirksamkeitsüberzeugung bezüglich des *Durchführens* sprachsensibler Lernunterstützung korreliert.

### Methode und Intervention

An der Studie im Prä-Post-Kontrollgruppen-Design nahmen 128 Masterstudierende im Sachunterricht teil. Die Experimentalgruppe ( $n=82$ , 90.3% weiblich,  $M(SD)\text{Alter}=24.2(2.3)$  Jahre) wurde in der professionellen Wahrnehmung sprachsensibler Lernunterstützung in einem video- und praxisbasierten Sachunterrichts-Seminar geschult. Nach einer Einführung in Theorien zum sprachsensiblen Unterrichten und einer Auseinandersetzung mit potentiell sprachsensiblen Maßnahmen mittels Videoaufzeichnungen aus einer stark sprachheterogenen Lerngruppe folgte die Vermittlung von Fachwissen zum Unterrichtsthema Magnetismus sowie zum Sprachstand und Vorwissen einer exemplarischen Grundschulklasse. Anschließend planten die Studierenden eine sprachensible Unterrichtseinheit, wobei sie von erfahrenen Lehrkräften aus der Praxis unterstützt wurden. Der in Kleingruppen geplante Unterricht wurde anschließend von den Studierenden in Kooperationsklassen erprobt und selbstständig videografiert. Die Videoaufnahmen bildeten die Basis für die abschließenden Sitzungen der Lehrveranstaltung, in denen Maßnahmen der sprachsensiblen Lernunterstützung in den Videoaufzeichnungen des eigenen Unterrichts analysiert und die Planung sowie Durchführung hinsichtlich sprachsensibler Lernunterstützung reflektiert wurden. Die Kontrollgruppe ( $n=46$ , 87.5% weiblich,  $M(SD)\text{Alter}=25.2(3.3)$  Jahre) erhielt keine vergleichbare Lehrveranstaltung. Die professionelle Unterrichtswahrnehmung wurde mit einer offenen Videoanalyse in Prä und Post erfasst, die Selbstwirksamkeitsüberzeugungen (Kauertz et al., 2011) ebenfalls in Prä und

Post mit einem Fragebogen bezüglich der drei Bereiche des Erkennens, Planens und Durchführens von sprachsensibler Lernunterstützung. Die Einschätzung der Relevanz der Videoanalyse und der eigenen Unterrichtserprobungen für LesL erfolgte mit einem Fragebogen nach der Intervention (Fricke et al., unveröffentlicht). Die interne Konsistenz bei allen Fragebögen lag zu beiden Messzeitpunkten im zufriedenstellenden bis guten Bereich. Zur Berechnung der Unterschiede zwischen EG und KG wurden multivariate Varianzanalysen gerechnet; die Zusammenhänge wurden mithilfe multipler Regressionsanalysen geprüft.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, (1) dass die Selbstwirksamkeitsüberzeugungen der EG hinsichtlich (a) des *Erkennens*, (b) *Planens* und (c) *Durchführens* sprachsensibler Lernunterstützung von Prä nach Post hypothesenkonform signifikant positiv ansteigen. Zwar entwickelte sich auch die KG positiv, der Anstieg ist allerdings hypothesenkonform nicht signifikant.

(2) Die Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen den Einschätzungen der Relevanz der Seminarelelemente für LesL und der Entwicklung der Selbstwirksamkeitsüberzeugungen zeigen hypothesenkonform, dass die Einschätzung der *Relevanz der Videoanalysen* für LesL und die Selbstwirksamkeitsüberzeugungen nach der Intervention unter Kontrolle der Prä-Werte in den Bereichen *Erkennen* und *Planen* sprachsensibler Lernunterstützung signifikant positiv zusammenhängen. Je wertvoller die Studierenden die Videoanalyse bewerten, desto höher sind ihre Selbstwirksamkeitsüberzeugungen bzgl. des *Erkennens* und *Planens* sprachsensibler Maßnahmen nach der Intervention. Zwischen der eingeschätzten *Relevanz der Videoanalysen* im Seminar und den Selbstwirksamkeitsüberzeugungen hinsichtlich des *Durchführens* sprachsensibler Lernunterstützung gibt es hypothesenkonform keine signifikante positive Korrelation. Entgegen der Hypothese zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Einschätzung der *Relevanz der eigenen Unterrichtserprobung* für LesL und den Selbstwirksamkeitsüberzeugungen der Studierenden hinsichtlich des *Durchführens* sprachsensibler Lernunterstützung.

Die Ergebnisse zu (1) deuten darauf hin, dass die Selbstwirksamkeitsüberzeugungen hinsichtlich (a) des *Erkennens*, (b) *Planens* und (c) *Durchführens* sprachsensibler Lernunterstützung mithilfe der Lehrveranstaltung gefördert werden konnten. Bzgl. Frage (2) zeigt die signifikante Korrelation zwischen der Einschätzung der *Relevanz der Videoanalyse* und den Selbstwirksamkeitsüberzeugungen hinsichtlich (a) und (b), dass das Analysieren (gelungener) sprachsensibler Lernunterstützung in Videos im Seminar zu stärkeren Selbstwirksamkeitsüberzeugungen hinsichtlich (a) *Erkennen* und (b) *Planen* führen kann; die Analyse von Videos reicht für einen Anstieg der Selbstwirksamkeitsüberzeugungen hinsichtlich (c) der Durchführung sprachsensibler Lernunterstützung in der komplexen Situation des Unterrichts offensichtlich nicht aus. Dass die Einschätzung der Relevanz der eigenen Unterrichtserprobung nicht signifikant positiv mit den Selbstwirksamkeitsüberzeugungen bezüglich (c) der Durchführung zusammenhängt, könnte darin begründet sein, dass die Einschätzungen zur Relevanz der Videoanalysen im Seminar mit den Einschätzungen zur Relevanz der Unterrichtserprobung, die anschließend ebenfalls videobasiert analysiert wurden, konfundiert sein könnten. Auch die Kürze der Unterrichtserprobung (45 Minuten pro Studierenden), die für die Studierenden unbekannten Lerngruppen und die bisher geringe unterrichtspraktische Erfahrung könnte zu diesem Ergebnis geführt haben. In einem nächsten Schritt sollen die bisherigen Praxiserfahrungen der Studierenden bei der Auswertung berücksichtigt werden.

Da kein Follow-up-Test durchgeführt wurde, kann keine Aussage hinsichtlich der Nachhaltigkeit des Lernerfolgs getroffen werden. Zudem ist eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Inhaltsbereiche des Sachunterrichts nicht ohne weiteres möglich.

Um den Zuwachs der Selbstwirksamkeitsüberzeugung bezüglich des Erkennens sprachsensibler Lernunterstützung mit der Fähigkeit zur professionellen Wahrnehmung in Verbindung zu bringen, wird in einem nächsten Schritt die offene Videoanalyse ausgewertet.

### Literatur

- Ashton, P. T. & Webb, R. B. (1986). *Making a difference: teachers' sense of efficacy and student achievement*. Longman Publishing Group.
- Bach, A. (2013). *Kompetenzentwicklung im Schulpraktikum. Ausmaß und zeitliche Stabilität von Lerneffekten hochschulischer Praxisphasen*. Münster: Waxmann.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: the exercise of control*. New York: Freeman.
- Capa Aydin, Y. & Woolfolk Hoy, A. (2005). What Predicts Student Teacher Self-Efficacy? *Academic Exchange Quarterly*, 9 (4), 123-127.
- Gold, B., Hellermann, C., & Holodynski, M. (2017). Effekte videobasierter Trainings zur Förderung der Selbstwirksamkeitsüberzeugungen über Klassenführung im Grundschulunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 20(S1), 115-136.
- Hamre, B., Pianta, R., Burchinal, M., Field, S., LoCasale-Crouch, J., Downer, J., et al. (2012). A course on effective teacher-child interactions: effects on teacher beliefs, knowledge, and observed practice. *American Educational Research Journal*, 49(1), 88-123.
- Hoy, W. K. & Woolfolk, A. E. (1990). Socialization of Student Teachers. *American Educational Research Journal*, 27 (2), 279-300.
- Kersting, N., Givvin, K., Thompson, B., Santagata, R., & Stigler, J. (2012). Measuring usable knowledge: Teachers' analyses of mathematics classroom videos predict teaching quality and student learning. *American Educational Research Journal*, 49(3), 568-589.
- Kauertz, A., Kleickmann, T., Ewerhardy, A., Fricke, K., Lange, K., Ohle, A. et al. (2011). *Dokumentation der Erhebungsinstrumente im Projekt PLUS, Forschergruppe und Graduiertenkolleg nwu-essen*.
- Lamote, C. & Engels, N. (2010). The Development of Student Teachers' Professional Identity. *European Journal of Teacher Education*, 33 (1), 3-18.
- Li, X. & Zhang, M. (2000). Effects of early field experiences on preservice teachers' efficacy beliefs--A pilot study. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (New Orleans, LA, April 24-28, 2000). Zugriff am 17.10.2018. Verfügbar unter <http://files.eric.ed.gov/full-text/ED444973.pdf>
- Pineker-Fischer, A. (2017). *Sprach- und Fachlernen im naturwissenschaftlichen Unterricht: Umgang von Lehrpersonen in soziokulturell heterogenen Klassen mit Bildungssprache*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint: Springer VS.
- Rabe, T., Meinhardt, C. & Krey, O. (2012). Entwicklung eines Instruments zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 293-315.
- Ross, J. A. (1992). Teacher Efficacy and the Effects of Coaching on Student Achievement. *Canadian Journal of Education*, 17 (1), 51-65.
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft*, 44, 28-53.
- Schulte, K. (2008). Selbstwirksamkeitserwartungen in der Lehrerbildung. Zur Struktur und dem Zusammenhang von Lehrer-Selbstwirksamkeitserwartungen, Pädagogischen Professionswissen und Persönlichkeitseigenschaften bei Lehramtsstudierenden und Lehrkräften. Göttingen: Universität Göttingen.
- Schwarzer, R. & Warner, L. (2014). Forschung zur Selbstwirksamkeit bei Lehrerinnen und Lehrern. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (2. überarb. u. erweit. Aufl., S. 662-678). Münster: Waxmann.
- Sherin, M. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S. Derry (Eds.), *Video Research in the Learning Sciences* (pp. 383-395). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Steffensky, M., Gold, B., Holodynski, M., & Möller, K. (2015). Professional vision of classroom management and learning support in science classrooms – does professional vision differ across general and content-specific classroom interactions? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 351-368.
- Sunder, C., Todorova, M. & Möller, K. (2015). Kann die professionelle Unterrichtswahrnehmung von Sachunterrichtsstudierenden trainiert werden? – Konzeption und Erprobung einer Intervention mit Videos aus dem naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22, 1-12. doi: 10.1007/s40573-015-0037-5.
- Sunder, C., Todorova, M. & Möller, K. (2016). Förderung der professionellen Wahrnehmung bei Bachelorstudierenden durch Fallanalysen. Lohnt sich der Einsatz von Videos bei der Repräsentation der Fälle? *Unterrichtswissenschaft*, 44(4), 339-356.
- Woolfolk Hoy, A. & Burke Spero, R. (2005). Changes in Teacher Efficacy during the Early Years of Teaching: A Comparison of Four Measures. *Teaching and Teacher Education* 21, 343-356.

Monika Angela Budde<sup>1</sup>  
Maike Busker<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Vechta  
<sup>2</sup>Europa-Universität Flensburg

### **Erhebung der Sprachbewusstheit von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie**

Lehrkräfte stehend zunehmend vor der Herausforderung, in ihrem Unterricht die heterogenen sprachlichen Fähigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler zu berücksichtigen. Um Lehrkräfte auf dieses Handlungsfeld entsprechend vorzubereiten, ist es notwendig, entsprechende Kompetenzen bereits im Lehramtsstudium anzubahnen.

Mit dem Ansatz „Fach-ProSa“ wird eine fachbezogene Qualifikation zur Sprachförderung diskutiert, die als Ziel die Entwicklung einer fachbezogenen Sprachlehrerbewusstheit herausstellt (Budde, Busker, 2015). Grundlegend für die Ausbildung einer Sprachlehrerbewusstheit ist die eigene Sprachbewusstheit. Im Kontext des Fachs Chemie liegen derzeit keine Erkenntnisse über die fachbezogene Sprachbewusstheit von Lehramtsstudierenden vor. Aus diesem Grunde widmet sich das hier beschriebene Teilprojekt des Gesamtprojekts „Fachspezifische Professionalisierung zur Sprachförderung (Fach-ProSa)“ diesem Desiderat und macht es sich zum Ziel, eine geeignete Erhebungsmethode zur Erfassung der fachbezogenen Sprachbewusstheit von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie zu entwickeln.

#### **Theoretischer Hintergrund**

Zur differenzierten Analyse von Sprachkompetenz wird das sprachliche Handeln in verschiedene Kategorien untergliedert. So lassen sich Handlungs- und Erscheinungsformen des sprachlichen Handelns unterscheiden, die Kategorien Produktion und Rezeption als Handlungsformen im Umgang mit Sprache, die Kategorien mündlich und schriftlich als Erscheinungsformen von Sprache bestimmen. Entsprechend können Fähigkeiten im Lesen und Schreiben, Sprechen und Zuhören modelliert und konturiert werden. Ein weiterer Teilbereich sprachlichen Handelns kommt in der reflexiven Beschäftigung mit Sprache und Sprachgebrauch zum Ausdruck. Reflexion über Sprache (Ivo & Neuland, 1991) vollzieht sich in reflexiven Handlungen, die sich auf Sprache beziehen und in denen über die Sprache selbst oder über einzelne Bereiche der Sprache nachgedacht wird. Entsprechende reflexive Handlungen tragen u.a. zur Behebung von Missverständnissen, zur Korrektur und Reparatur von sprachlichen Handlungen und zur Entscheidung über angemessene sprachliche Formulierungen bei (Budde et al., 2012, 39ff.). Um Reflexionen über Sprache durchführen zu können, wird eine kognitive Ausstattung benötigt, die als Sprachbewusstheit bezeichnet wird. Sprachbewusstheit gilt als zentrale kognitive Größe bei der Entwicklung von sprachlichen Kompetenzen, sowohl in der Erstsprache (Ossner, 2006; Eichler & Nold, 2007; Gornik, 2015) als auch in der Zweit- und in der Fremdsprache (Martinez, 2008). Sprachbewusstheit ist nur bedingt fassbar und sichtbar, sichtbar sind die reflexiven Handlungen in Bezug auf Sprache. In reflexiven Handlungen wird Sprachbewusstheit benötigt und gleichzeitig aufgebaut.

Zur Erforschung des Konstrukts Sprachbewusstheit liegen insbesondere Untersuchungen zum Erstspracherwerb vor (vor allem Clark, 1978; Andresen, 1985). Andresen unterscheidet zwischen aktueller Bewusstwerdung und eigentlicher Bewusstwerdung. Die eigentliche Bewusstwerdung (in Orientierung an Wygotski 1977) wird von Andresen als eine Disposition bezeichnet, in der der Akteur, der sprachlich Handelnde, in der Lage ist, die sprachliche Äußerung von der inhaltlichen Seite zu lösen und die Sprache an sich zum Gegenstand des Denkens zu machen. Ist dies möglich (vor allem im Hinblick auf den Schriftspracherwerb), so kann er sich die von ihm reflektierten Aspekte von Sprache aneignen, sie systematisieren und sie anwenden.

Die aktuelle Bewusstwerdung geschieht während einer sprachlichen Handlung, z.B., wenn die Aufmerksamkeit plötzlich in einem Redeakt auf die sprachstrukturellen Einheiten und nicht auf den Inhalt gelegt wird. Die aktuelle Bewusstwerdung kann ein Anlass sein, um über sprachliche Phänomene zu reflektieren. Sie ist nicht ausreichend, um sich die sprachlichen Aspekte anzueignen, sie sich verfügbar zu machen. Für die Verfügbarmachung ist eigentliche Bewusstwerdung nötig. Sie beinhaltet einen reflexiven Prozess, in dem operatives Wissen angewendet wird. Ausgelöst wird dieser reflexive Prozess allerdings häufig durch eine aktuelle Bewusstwerdung (Andresen & Funke, 2003).

Sprachbewusstheit ist neben den Teilbereichen Lesen, Schreiben, Sprechen und Zuhören bei der Erfassung von Sprachkompetenz von Schülerinnen und Schülern in den Fächern Deutsch und Englisch Gegenstand der DESI-Studie (Klieme & Beck, 2007). Sprachbewusstheit wird hier verstanden als eine Größe, die in reflexiven Handlungen durch Wissen und Fähigkeiten wirksam wird, die sich u.a. auf Wissen über Sprache im Bereich Syntax und Semantik, auf Wissen im Bereich des Sprachgebrauchs und auf Fähigkeiten zur metasprachlichen Analyse von Sprache und Sprachgebrauch beziehen (Eichler, 2007). Studien zur Erforschung von Sprachbewusstheit im Kontext von fachbezogener Sprachhandlungsfähigkeit, wie sie z.B. bei der Rezeption und Produktion von Fachtexten wirksam wird, liegen im Hinblick auf das Fach Deutsch vor, beziehen sich dabei aber auf die Schreibfähigkeiten und berücksichtigen die fachsprachlichen Aspekte nicht (Schindler & Siebert-Ott, 2011).

### **Forschungsfragen und Methodik**

Im Mittelpunkt des Forschungsvorhabens steht die Frage, welche Merkmale der Sprache im Fach im Sinne einer aktuellen Wahrnehmung von Lehramtsstudierenden wahrgenommen werden. Der Fokus wird auf Sachtexte im Fach Chemie sowie auf übergreifende und chemiespezifische sprachliche Phänomene gelegt. Erstes Ziel des Projekts stellt die Entwicklung und Pilotierung eines Testinstruments dar.

In der Untersuchung findet ein Paper & Pencil-Test Verwendung. Der Test umfasst in der Pilotierung sechs Items. In einem beliebigen Fachtext aus dem Fach Chemie lassen sich sehr unterschiedliche sprachliche Phänomene in unterschiedlicher Komplexität beobachten. Um die Komplexität der Aufgabenstellung möglichst gering zu halten, fokussiert jedes Item auf ein sprachliches Phänomen. Für die Pilotierung werden Items zunächst nur für sprachliche Merkmale auf Wort- und Satzebene entwickelt und eingesetzt. Grundlage jeder Aufgabe bildet ein kurzer Fachtext aus dem Fach Chemie. Da in diesem Projekt die Sprachbewusstheit von Lehramtsstudierenden betrachtet wird, werden für die Konstruktion der Items Textausschnitte auf dem Niveau des Chemieunterrichts der Sekundarstufe II verwendet. Damit soll sichergestellt werden, dass den Lehramtsstudierenden der fachliche Gegenstand, um den es im jeweiligen Fachtext geht, aus fachlicher Sicht erschlossen werden kann. Um die Aufmerksamkeit der Probanden auf das in dem jeweiligen Item betrachtete sprachliche Phänomen zu lenken, wird jedem Item ein kurzer Einführungstext vorangestellt. Daran anschließend erhalten die Probanden die Aufgaben, Textstellen zu markieren und zu notieren, warum die jeweilige Textstelle von ihnen markiert wurde. Jeder Fachtext mit ausgewähltem Item enthält verschiedene Ausprägungen des in dem Item betrachteten sprachlichen Merkmals. So finden sich für das Merkmal „Fachlexik“ in einem Item Fachbegriffe, die nur innerhalb der einzelnen wissenschaftlichen Disziplin angesiedelt sind und solche Fachbegriffe, die polysem, also in der Gemeinsprache und in der Fachsprache, jedoch mit einer anderen Bedeutung, verwendet werden.

Im Rahmen der Pilotierung wurde das Testinstrument von 41 Lehramtsstudierenden im Fach Chemie bearbeitet. Dabei wurden Probanden mit unterschiedlichen Fachsemestern herangezogen.

### **Ausgewählte Ergebnisse**

Die Auswertung erfolgt in zwei Schritten. Zum einen werden die markierten Textstellen für alle Items quantitativ erfasst. Zum anderen werden die Erläuterungen der Studierenden, in denen sie angeben, warum sie die jeweilige Textstelle markiert haben, digitalisiert und kategorisiert.

Für die Items „Fachlexik“, „Nominalisierungen“ und „Komposita“ kann zunächst festgestellt werden, dass die Studierenden in der Regel eine Vielzahl an Textstellen markieren. Im Bereich der Fachlexik lassen sich keine Unterschiede feststellen in der Wahrnehmung solcher Begriffe, die nur im Bereich der Chemie Verwendung finden, und solcher Begriffe, die sowohl im Kontext der Chemie als auch im Alltagskontext eine Bedeutung zugeschrieben werden kann. (z.B. radikal). Dabei erscheinen manche Fachbegriffe (darunter Radikal, Substitution) stärker von den Studierenden wahrgenommen zu werden als andere Begriffe (z.B. Reaktion, Mechanismus). Für das Item „Nominalisierung“ kann festgestellt werden, dass vor allem solche Textstellen markiert werden, bei denen durch ein entsprechendes Keyword ersichtlich ist, dass es sich um eine Nominalisierung handeln muss (z.B. beim Aufströmen, das Auftrennen). Von weniger als die/die? Hälfte der Studierenden werden weitere Formen der Nominalisierung markiert (z.B. Weiterverarbeitung, Destillation).

Zwei Items des Testinstruments fokussieren auf komplexe Satzstrukturen. So werden die Studierenden in einem Item gebeten, Haupt- und Nebensätze zu markieren. Insgesamt enthält das Items zehn Prompts, darunter Relativsätze, Konditionalsätze und Hauptsatzreihungen. Die Ergebnisse zeigen, dass lediglich vier Nebensätze von knapp über die Hälfte der Studierende markiert wurden. Die übrigen Prompts werden von 10 bis 17 Studierenden markiert. 24 der 41 Studierenden markieren weniger als 5 Prompts.

Ein ähnliches Resultat kann für das zweite Item mit dem Fokus auf komplexe Satzstrukturen beschrieben werden. In diesem Item sollen solche Sätze markiert werden, die von dem einfachen Satzschema „Subjekt-Prädikat-Objekt“ abweichen. Zwei Prompts werden von 18 der 41 Studierenden markiert, weitere Prompts von 17 bzw. 13 Studierenden.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Insgesamt lassen die Ergebnisse vermuten, dass sprachliche Phänomene auf der Wortebene besonders häufig von Studierenden wahrgenommen werden; dagegen werden Phänomene auf der Satzebene von den Studierenden deutlich weniger häufig markiert. Dieser Vermutung soll in weiterführenden Untersuchungen nachgegangen werden.

In den folgenden Arbeiten werden für das Testinstrument weitere Items entwickelt. Dabei soll das Instrument insbesondere auch um solche Items, die sprachliche Phänomene der Textebene fokussieren, ergänzt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass mit der eingesetzten Methode eines Paper & Pencil-Tests ein Einblick in die aktuelle Wahrnehmung sprachlicher Phänomene in Bezug auf chemische Fachtexte ermöglicht werden kann; ein Einblick in die eigentliche Bewusstwerdung und das sprachliche Wissen der Studierenden kann mit der gewählten Methode nicht ausreichend geleistet werden. Aus diesem Grunde wird in den weiterführenden Untersuchungen der Erhebung mit Interviews ergänzt.



### Literatur

- Andresen, H. (1985). Schriftspracherwerb und die Entstehung von Sprachbewußtheit. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Andresen, H. & Funke, R. (2003). Entwicklung sprachlichen Wissens und sprachlicher Bewusstheit. In: Bredel, U.; Günther, H.; Klotz, P.; Ossner, J.; Siebert Ott, G. (Hrsg.). Didaktik der deutschen Sprache. Bd. 1, Paderborn u.a. Schöningh. 438-451.
- Budde, M.; Riegler, S.; Wiprächtiger-Geppert (2012). Sprachdidaktik. Eine Einführung. Berlin: Akademie,
- Budde, M. A. & Busker, M. (2016). Das Projekt Fach-ProSa – Ein fachintegriertes Modell in der Lehramtsausbildung zur Professionalisierung in der Sprachförderung. In: Menthe, J.; Höttecke, D.; Zabka, T.; Hammann, M. & Rothgangel, M. (Hrsg.). Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung. Fachdidaktische Forschungen. Band 10. Münster: Waxmann. 69-80.
- Clark, E. (1978). Awareness of Language. Some evidence from what children say and do. In Sinclair, A.; Jarvella, R. & Levelt, W.J.M. (Hrsg.). The Child's Conception of Language. New York: Springer, 17-44.
- Eichler, W. (2007). Sprachbewusstheit. In: Klieme, E., & Beck, B. (2007). Sprachliche Kompetenzen-Konzepte und Messung. DESI-Studie (Deutsch Englisch Schülerleistungen International), Weinheim u.a.: Beltz, 147-157.
- Eichler, W.; Nold, G. (2007). Sprachbewusstheit. In: Klieme, E., & Beck, B. (2007). Sprachliche Kompetenzen-Konzepte und Messung. DESI-Studie (Deutsch Englisch Schülerleistungen International), Weinheim u.a. Beltz: 63-82.
- Gornik, H. (2015). Sprachreflexion, Sprachbewusstheit, Sprachwissen, Sprachgefühl und die Kompetenz der Sprachthematisierung. Ein Einblick in das Begriffsfeld. In: ders. (Hrsg.): Sprachreflexion und Grammatikunterricht. DTP-Band 6, Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 41-58.
- Ivo, H. & Neuland, E. (1991). Grammatisches Wissen, in: Diskussion Deutsch, 121, 437-493.
- Klieme, E., & Beck, B. (2007). Sprachliche Kompetenzen-Konzepte und Messung. In: Ders. (Hrsg.). Sprachliche Kompetenzen-Konzepte und Messung. DESI-Studie (Deutsch Englisch Schülerleistungen International), Weinheim u.a.: Beltz, 83-99.
- Martinez, H. (2008). Lernerautonomie und Sprachlernverständnis. Eine qualitative Untersuchung bei zukünftigen Lehrerinnen und Lehrern romanischer Sprachen. Tübingen: Narr.
- Ossner, J. (2006). Kompetenzen und Kompetenzmodelle im Deutschunterricht. In: Didaktik Deutsch (21) 5-19.
- Schindler, K. & Siebert-Ott, G. (2011). Textkompetenzen im Übergang Oberstufe – Universität. In: Feilke, H. & Köster, J. (Hrsg.). Textkompetenzen in der Sekundarstufe II. Stuttgart: Fillibach, 151-175.
- Wygotski, S. L. (1977). Denken und Sprechen. (russ. 1934). Frankfurt: Luchterhand.

## Sprachsensible Planung von Physikunterricht empirisch untersuchen

**Forschungsrahmen.** Für Lehrkräfte ist es im Schulalltag essentielle Aufgabe, mit den Schülerinnen und Schülern auf verschiedenen Sprachebenen wie Alltags-, Fachsprache oder Unterrichtssprache (vgl. Leisen, 2001) hinsichtlich organisatorischer Fragen, Fachinhalten oder Unterrichtsabläufen zu kommunizieren. Damit angehende Lehrkräfte auf diese komplexe Sprachsituation im Unterricht vorbereitet werden, müssen sie in ihrem Studium eine entsprechende Professionalisierung erfahren. Da Sprache zur Vermittlung von fachlichen Inhalten und zum Aufbau von Kompetenzen genutzt wird, ist es notwendig, dass die Professionalisierung im Kern mit dem Aufbau fachdidaktischen Wissens einhergeht. Dabei dient in der vorliegenden Studie das Modell von Baumert und Kunter als Hintergrund (2006), bei dem vier Aspekte betrachtet werden: Selbstregulative Fähigkeiten, Überzeugungen/ Wert-haltungen, Motivationale Orientierung, Professionswissen. Damit die Studierenden professionell lernen, in komplexen Sprachsituationen zu handeln, müssen sie für sprachliche Interaktionen sensibilisiert werden und spezifisches Wissen aufbauen. Doch inwiefern können Studierende im Physik-Lehramtsstudium eine Sensibilität bezüglich Sprache in ihrem Physikunterricht aufbauen? Dabei wird ein Fokus bei der Planung von Unterricht daraufgelegt, wie Studierende sprachliche Impulse verwenden, um Ziel-, Funktions- und Prozessklarheit in ihrem Unterricht für die Schüler/innen herzustellen (vgl. Freckmann und Komorek, 2018).

**Planungshandeln.** Als angehende Lehrkräfte machen Praktikanten im Schulpraktikum erste Erfahrungen mit komplexen Aufgaben, dem classroom management, dem eigenen fachlichen Verständnis, mit dem Erklären von fachlichen Inhalten, mit der Planung des Unterrichts und mit Entscheidungen zu Zielen in den Unterrichtsphasen. Beim Fachpraktikum Physik im Master of Education in Oldenburg wird daher darauf fokussiert, wie die Praktikanten beim Planen kommunikative Impulse setzen, mit denen sie ihren Schülerinnen und Schülern *Unterricht erklären*. Damit gemeint ist, wie sie Ziele, Funktion von Unterrichtsschritten und ablaufende Unterrichtsprozesse transparent darstellen. Diese Metakommunikation ist ein zentrales Thema im Begleitseminar zum Fachpraktikum, das Planung ausgehend von den angezielten Kognitionen in Form einer *Rückwärtsplanung* (Komorek und Richter, 2017) darstellt (Abb. 1).



Abb. 1: Planungsablauf (angelehnt an Freckmann & Komorek, 2018)

Dieses Planungshandeln, also die Kognition der Lehrkraft, startet dabei, die Kognitionen der Schülerinnen und Schüler zu planen: Welche Lernprozesse und weitere kognitive Verarbeitungsprozesse sollen erreicht werden bzw. bei den Schülerinnen und Schülern ablaufen? Daran anschließend werden die Handlungen der Schülerinnen und Schüler geplant, die diese Kognitionen anbahnen sollen. Anschließend werden die Handlungen der Lehrkraft geplant: Welche Aufgaben oder Lernumgebungen müssen seitens der Lehrkraft bereitgestellt werden, damit die Handlungen und folglich die angezielten Kognitionen auf Seiten der Schülerinnen und Schüler angeregt werden? Letzteres umfasst auch die Planung der Metakommunikation, mit der die Lehrkraft ihren Schülerinnen und Schülern den ablaufenden *Unterricht erklärt*, also *transparent* macht. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Ziele des Unterrichts, die Funktion z. B. von Experimenten und die Bedeutung der ablaufenden Prozesse im Unterricht nachvollziehen und zu eigen machen. Damit den Studierenden dies gelingen kann, wird im Begleitseminar auf

- Sichtstruktur vs. Tiefenstruktur (vgl. Kunter und Trautwein, 2013)
- *Rückwärtsplanung* (Komorek und Richter, 2017)
- *kommunikative Impulse*

fokussiert, damit die Studierenden diese in ihren Planungen umsetzen.

**Forschungsfragen und -design.** Die Forschungsfragen dazu sind (vgl. Freckmann und Komorek, 2018):

*Sprachsensibilität:* Inwiefern können Fachpraktikanten eine Sensibilität bzgl. sprachlicher Kommunikation im Physikunterricht aufbauen und kommunikative Impulse formulieren?

*Planungshandeln:* Wie planen Fachpraktikanten kommunikative Impulse für die didaktische Strukturierung ihres Physikunterrichts? Inwiefern zielen sie damit Ziel-, Prozess- und Funktionstransparenz an?

*Unterrichtshandeln:* Inwiefern können Fachpraktikanten ihre geplante Unterrichtsstruktur mithilfe kommunikativer Impulse ihren Schüler/innen erklären, um Ziel-, Prozess- und Funktionstransparenz herzustellen?

Dazu wurden alle 16 Studierenden eines Jahrgangs, die am Begleitseminar teilgenommen haben, begleitet und es wurden mittels zweier Fragebögen Daten erhoben (siehe Abb. 2).



Abb. 2: Studiendesign (Freckmann & Komorek, 2018)

Acht der Praktikanten wurden engmaschig während ihres Fachpraktikums an den Schulen betreut. Bei dieser Betreuung wurden mithilfe von Interviews, der von den Fachpraktikanten erstellten Planungsunterlagen und Lerntagebücher sowie Beobachtungsraster und Audioaufnahmen Daten aus den Planungs- und Unterrichtsprozessen der Praktikanten erhoben.

**Falldarstellung.** Von den acht Studierenden, die engmaschig begleitet wurden, wird hier ein Fall (vgl. Freckmann und Komorek, 2018) dargestellt, um einen Einblick zu geben: Simone ist im ersten Semester des Master of Educations mit den Fächern Mathematik und Physik. Per Fragebogen wurden Erkenntnisse zu Simones Wissen und zu ihren Einstellungen erhoben, mit welchem Zweck sie Kommunikationsprozesse, spezifische kommunikative Impulse deren Umsetzung im Unterricht plant. Erneut wurden die Aspekte nach dem sechswöchigen Praktikum erhoben.

Simone gibt an, Kommunikation zu planen, um Ziel- und Funktionstransparenz im Unterricht für die Schülerinnen und Schüler herzustellen, indem sie sagt:

*„Also damit die Funktion dessen, was gerade bearbeitet wird, für den folgenden Unterrichtsabschnitt deutlich wird. Also, dass den Schülerinnen und Schülern klar wird, was ist eigentlich das Ziel und ‚Warum mache ich das überhaupt und was bringt mir das?‘ und wenn ich das halt vorher plane, dann ist zwar immer noch nicht gewährleistet, dass das auch wirklich klar wird, aber es ist auf jeden Fall schon mal wahrscheinlicher, dass das klar wird, also wenn ich das einfach spontan mache.“ (I2)*

Weiterhin teilt sie bereits nach dem Begleitseminar und vor dem Praktikum die Ansicht, dass sie sich durch die Planung der Kommunikation besser strukturiert, indem sie Übergänge zwischen Unterrichtsphasen konkretisiert und sich Gedanken zur didaktischen Vereinfachung macht, da sie glaubt, dass es „[...] einem sehr [hilft], die Kommunikation zu planen und sodass man vielleicht jetzt nicht sich über jede Kleinigkeit wirklich die Gedanken machen kann, aber über die großen Knackpunkte auf jeden Fall“ (I1). Die Zitate zeigen, welche Sensibilität und Reflektivität Simone bezüglich einer sprachlichen Kommunikation im Physikunterricht aufgebaut hat, sowohl hinsichtlich der Ziele und Funktionen von Unterrichtselementen als auch hinsichtlich der eingesetzten sprachlichen Impulse.

Die Daten aus Fragebögen und Interviews zeigen, dass Simone die Planung von Kommunikation als eine Unterstützung für sich in ihrem Unterricht wahrnimmt, da sie nun sprachliche Impulse konkret ausformulieren muss („Impulse bei möglichen Schwierigkeiten ausformuliert, Arbeitsaufträge ausformuliert.“ (Q2)). Die Planung der Impulse gibt ihr Sicherheit („Also für mich war es insgesamt sehr hilfreich. Also eine Unterstützung eigentlich. Weil man auch nochmal sicherer oder mit einem sichereren Gefühl in den Unterricht reingegangen ist.“(I2)), da sie die Impulse sinngemäß im Unterricht verwenden kann („Ebenfalls ist aufgefallen, dass die Formulierungen häufig nur sinngemäß ausgesprochen werden. Bspw. habe ich in der Planung versucht Operatoren zu verwenden und im Gespräch dann doch auf W-Fragen zurückgegriffen.“ (I2)). Dennoch stellt sie die Möglichkeit der alltäglichen Verwendung in Frage: „Die Planung der Kommunikation zur Strukturierung ist im Schulalltag nicht realisierbar“ (Q2) oder „Ist mit der Zeit weniger geworden, dass man sich da Gedanken gemacht hat, weil es zeitlich etwas schwieriger wurde, wenn man so viel Unterricht hatte, sich da so ausführlich Gedanken zu machen, aber immer noch so grob, dass man eins, zwei Impulse so hatte, die man reingeben könnte habe ich mir eigentlich trotzdem gemacht“ (I2).

**Fazit.** Studierende können das Konzept des sprachsensiblen Planens von Physikunterricht kognitiv nachvollziehen und formulieren, wie der Fall Simone zeigt. Sie wenden es auf ihre Planungen im Fachpraktikum an mit verschiedenen Zwecken wie Zieltransparenz oder Funktionstransparenz. Weiterhin benennen sie die Vorteile dieses sprachsensiblen Handelns, wie eigene Sicherheit und eine Unterstützung im Unterricht. Verschiedene Realitäten treffen aufeinander, dass die Studierenden Zeitmangel, Überforderung aufgrund vieler paralleler Aufgaben und verschiedener Sichtweisen (Dozenten, Mentoren, eigene Sicht) erfahren und sich somit mit dem Konzept des Erklärens des Unterrichts zum Teil auch kritisch auseinandersetzen.

**Literatur**

- Baumert, Jürgen; Kunter, Mareike (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Vol.9(4) , 469-520, Springer Science & Business Media B.V.
- Freckmann, Janine & Komorek, Michael (2018). Planung kommunikativer Strukturierungsprozesse im Physikunterricht. In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017, 232. Universität Regensburg
- Komorek, Michael; Richter, Christiane (2017). Backbone - Rückgrat bewahren beim Planen. In: Wernke, Stephan; Zierer, Klaus (Hrsg.) (2017). Die Unterrichtsplanung: Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?! Status Quo und Perspektiven aus Sicht der empirischen Forschung. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Kunter, Mareike; Baumert, Jürgen; Blum, Werner; Neubrand, Michael (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster [u.a.]: Waxmann.
- Kunter, Mareike; Trautwein, Ulrich (2013). Psychologie des Unterrichts. Paderborn: Ferdinand Schöningh.
- Leisen, Josef (2011). Sprachförderung. Betrifft: Lehrerbildung und Schule, (8), 6–15. Aufgerufen am 10.10.2018 unter [www.bak-online.de/lvb/berlin/BLuS\\_Heft8\\_2011.pdf](http://www.bak-online.de/lvb/berlin/BLuS_Heft8_2011.pdf)

**Ist Noticing valide messbar? Erste Befunde eines Videovignettentests****Theoretischer Rahmen**

Noticing – zu Deutsch „professionelle Unterrichtswahrnehmung“ – wird als eine zentrale Kompetenz von Lehrkräften zunehmend in den Fokus naturwissenschaftsdidaktischer Forschung gerückt. Im Physikunterricht kann eine Lehrkraft eine Vielzahl an lernrelevanten Aspekten wahrnehmen: Schüler\_innen ...

- ... äußern sich (nicht) angemessen zu Konzepten, Begriffen oder Erkenntnisgewinn,
- ... unterhalten sich (nicht) über fachbezogene Themen,
- ... nehmen (nicht) aktiv und motiviert am Unterricht teil,
- ... usw.

Derartige für das Lernen von Schüler\_innen relevanten Aspekte von Unterricht sollten von (angehenden) Lehrkräften wahrgenommen werden können. Verschiedene Unterrichtsziele fordern dabei unterschiedliche Foki auf einen oder mehrere dieser Aspekte.

Die professionelle Unterrichtswahrnehmung lässt sich auf verschiedenste Weisen konzeptualisieren (vgl. Sherin et al., 2011, Blömeke et al., 2015, Seidel et al., 2010). Wir konzeptualisieren die professionelle Unterrichtswahrnehmung zunächst a priori als

- (1) einen dreidimensionalen Prozess, der innerhalb kürzester Zeit abläuft und kaum planbar ist. Dieser Prozess besteht aus den Teilprozessen (i) Wahrnehmen, (ii) Interpretieren und (iii) Fassen eines Handlungsplans (in Anlehnung an Sherin et al., 2011).
- (2) situations-spezifische Fähigkeit, welche als Brücke zwischen Dispositionen und Performanz fungiert (in Anlehnung an Blömeke et al., 2015).

Unterrichtsstimuli, die nach dieser Konzeptualisierung beachtet werden können, müssen dabei drei Filter passieren: Ein Stimulus kann von der Lehrkraft bemerkt werden, dann kann Aufmerksamkeit auf ihn gerichtet werden und anschließend kann der Stimulus ins Bewusstsein der Lehrkraft dringen (Lamme, 2003). In dieser Studie konzipieren wir die professionelle Unterrichtswahrnehmung also als Interaktion zwischen der Lehrkraft, die unter Handlungsdruck steht, und der Situation, welche theoretisch hergeleitete kritische Merkmale aufweist. Ohne zu behaupten, dass professionelle Wahrnehmung sich nur auf diese Aspekte richten sollte, konzipieren wir die kritischen Merkmale der Situation aus physikdidaktischer Perspektive und zwar soll sie physikalische Konzepte, Begriffe und Methoden der Schüler\_innen betreffen, sie soll physikdidaktisch relevant sein (hier eingeschränkt auf Schülervorstellungen und Erkenntnisgewinnungsprozesse) und sie soll relevant für das Physiklernen der Schüler\_innen sein (vgl. Scholten et al., submitted). Die allgemeine professionelle Unterrichtswahrnehmung wurde im Interesse der vorliegenden Studie eingeschränkt auf die professionelle Unterrichtswahrnehmung angehender Physiklehrkräfte im Physikunterricht bezüglich Situationen, in denen Schülervorstellungen oder Erkenntnisgewinnung von Schülerinnen und Schülern offenbar werden. Die Förderung der Fähigkeit der professionellen Unterrichtswahrnehmung in diesem Sinne ist eine der zentralen Aufgaben vor allem praxisnaher Phasen in der Lehrer-Ausbildung. Zu diesem Zwecke ist ein Instrument zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung notwendig.

### Forschungsinteresse und Forschungsfrage

Diese Studie geht daher der Forschungsfrage nach, ob die professionelle Unterrichtswahrnehmung (angehender) Physik-Lehrkräfte mithilfe eine Online-Surveys – bestehend aus videobasierten Stimuli und einem Fragebogen – valide gemessen werden kann.

Zur Prüfung der Validität werden dabei folgende Arbeitshypothesen aufgestellt:

H01: Die professionelle Unterrichtswahrnehmung von (angehenden) Physiklehrkräften und von (angehenden) Geographielehrkräften unterscheidet sich signifikant.

H02: Die professionelle Unterrichtswahrnehmung von (angehenden) Physiklehrkräften verändert sich im Studienverlauf signifikant.

### Instrument

Ziel dieser Studie ist ein validiertes Messinstrument zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von angehenden Physiklehrkräften, welches aus Videovignetten und einem geschlossenen Fragebogen besteht. Dieses soll durch Außenkriterien wie dem fachdidaktischen Wissen und durch die Prüfung konstruktimmanenter Annahmen validiert werden (H01, H02). Das Instrument besteht je Proband\_in aus zwei Videovignetten mit dem in der Vorstudie entwickelten geschlossenen Fragebogen (ausführliche Darstellung der Entwicklungsarbeit vgl. Wöhlke & Höttecke, 2018). Zusätzlich werden Fragen zu demographischen Daten erhoben (u.a. werden Informationen zu Lehrerfahrungen und Studium erfragt) und es wird ein Übungsvideo zur Verkehrssicherheit eingesetzt, mit welchem die Proband\_innen den Umgang mit dem eigentlichen Test an einer analogen, aber konstruktunabhängigen Situation üben können. Die Proband\_innen haben die Aufgabe das Video an wahrgenommenen Stellen unmittelbar anzuhalten und anschließend ihre Wahrnehmung anhand der Distraktoren und dem Attraktor als Multiple Choice single select zu benennen oder ihre Beobachtung als offene Antwort zu geben, wenn keine der Antwortoptionen passend erscheint (siehe Abb. 1). Die Distraktoren des Fragebogens sind dabei entweder falsch in Bezug auf die Aufgabenstellung, behandeln also statt Schülervorstellungen und Erkenntnisgewinn Aspekte wie Classroom Management oder andere didaktische Aspekte wie Sprache im Physikunterricht. Oder aber die Distraktoren sind auf inhaltlicher Ebene falsch, betreffen also Schülervorstellungen oder Erkenntnisgewinnungsprozesse, aber nicht den Kern der Lernsituation.

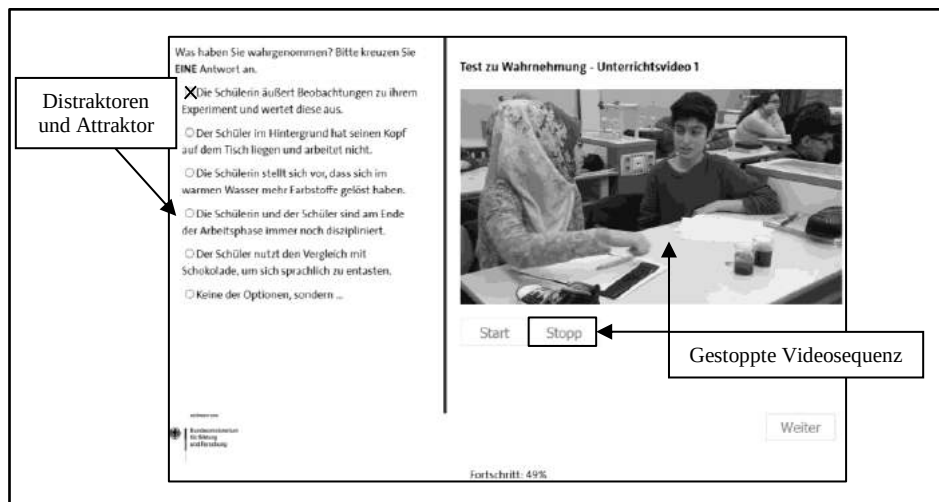


Abb. 1: Benutzeroberfläche zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung

Der Test schließt mit einer Selbstauskunft zu den in den Videos behandelten Themen und Skalen zu fachdidaktischen Konzepten und Experimentieren aus dem fachdidaktischen Wissenstest des Projektes Profile-P (Gramzow, 2015) ab.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Gelegenheitsstichprobe wurde quasi-längsschnittlich angelegt und ergibt einen Umfang von  $N = 160$  Studierenden verschiedener Universitäten, Semester und Fächer. Für das Physik-lehramt nicht typisch gibt es eine Mehrheit an weiblichen Teilnehmenden (63,7%). Dieser hohe Anteil an Studentinnen ist nur für den Studiengang Sekundarstufe I typisch und kann somit nicht als repräsentativ für die Gesamtheit der Studierenden gelten (Düchs & Ingold, 2017).

In einem ersten Schritt analysieren wir alle Items aus dem Test zu professionellen Unterrichtswahrnehmung. Es ergeben sich insgesamt 114 Items, denn zu den 38 charakteristischen Situationen, die in drei Videovignetten präsentiert werden, wurde je ein Item zur Wahrnehmen, Interpretieren, Handlungsplanfassen vorgelegt.

| m  | loglike   | Deviance | Npars | AIC      | BIC      | Chisq   | df | p  |
|----|-----------|----------|-------|----------|----------|---------|----|----|
| 1d | -4490.660 | 8981.319 | 116   | 9213.319 | 9570.040 | 746.333 | 2  | 0  |
| 2d | -4117.493 | 8234.986 | 118   | 8470.986 | 8833.856 | NA      | NA | NA |
| 3d | -4079.909 | 8159.818 | 112   | 8401.818 | 8773.914 | NA      | NA | NA |

Tab. 1: Modellvergleich der Items Wahrnehmung, Interpretation und Handlungsplanfassen

Es wurden unterschiedliche Raschmodelle gerechnet und verglichen. Da nicht zu erwarten war, dass Wahrnehmen und Interpretieren empirisch trennbar sind, wurde ein Modell mit der Dimension *Wahrnehmung + Interpretation* und der Dimension *Fassen eines Handlungsplans* gerechnet. Im dreidimensionalen Modell entspricht jede Teilfähigkeit einer Dimension. In Tab. 1 ist zu erkennen, dass das zwei- und das dreidimensionale Modell die Items besser beschreibt als ein eindimensionales Modell. Es erhärtet sich daher die Annahme, dass theoretisch gut trennbare Teilfähigkeiten sich mit dem Instrument auch empirisch getrennt darstellen lassen. Das Messkonstrukt ist somit zwei- oder dreidimensional.

| m  | EAP Reliabilität             |
|----|------------------------------|
| 1d | D1=0.833                     |
| 2d | D1=0.832; D2=0.779           |
| 3d | D1=0.837; D2=0.463; D3=0.779 |

Tab. 2: EAP Reliabilität für die verschiedenen Modelle

Tab. 2 zeigt, dass die Reliabilitäten überwiegend akzeptable sind. Die Reliabilität der Teilfähigkeit *Interpretation* im dreidimensionalen Modell fällt zu gering aus. Diese Teilfähigkeit kann auf diese Weise noch nicht reliabel gemessen werden.

### Ausblick

Es folgen weitere Itemanalysen, um zu prüfen, ob sich durch begründete Itemselektion reliable und valide Skalen ergeben. Anschließend wird überprüft, ob die Skalen zum fachdidaktischen Wissen und zur professionellen Unterrichtswahrnehmung verschiedene, aber nahe beieinanderliegende Konstrukte abbilden. Korrelationsberechnungen werden Aufschluss über die Gültigkeit der Arbeitshypothesen geben.



### Literatur

- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015): Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), S. 3–13.
- Düchs, G. & Ingold, G.-L. (2017). Physik hält Kurs. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2017. *Physik Journal* 16, Nr. 8/9, S. 28–33.
- Gramzow, Y. (2015). *Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik, Modellierung und Testkonstruktion*. Berlin: Logos.
- Lamme, V. (2003). Why visual attention and awareness are different. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(1), S. 12–18.
- Neumann, K. (2014): Raschanalyse naturwissenschaftsbezogener Leistungstests. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 355–370). Berlin: Springer.
- Scholten, N., Höttecke, D., Sprenger, S. (2018). Conceptualizing Geography Teachers` Subject-Specific Noticing during Instruction. (submitted)
- Seidel, T., Blomberg, G., Stürmer, K. (2010). "Observer"-Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE. In Klieme, E., Leutner, D, Kenk, M., *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes* (S.296-306). Weinheim; Basel: Beltz.
- Sherin, M. G., Jacobs, V., & Philipp, R. (2011). Situating the study of teacher noticing. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs, & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers eyes* (S. 3–14). London: Routledge.
- Wöhlke, C. & Höttecke, D. (2018). Erfassung von Noticing von Physiklehrkräften – Instrumententwicklung. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen* (S.58-61). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Regensburg 2017.

## **Sprache im Physikunterricht aus der Sicht angehender Physiklehrkräfte**

Bereits in den Formulierungen der Bildungsstandards sind fachliche Anforderungen eng mit sprachlichen Anforderungen verbunden (KMK 2005). Gleichzeitig ist Sprachbildung ein explizites Ziel des Physikunterrichts. In bisherigen Studien zeigt sich jedoch, dass Lehrkräfte gegenüber der Aufgabe der Sprachbildung im Physikunterricht eine „eher skeptische Haltung vertreten“ (Tajmel 2017, 132). Dies wird darauf zurückgeführt, dass Physiklehrkräfte zwar der Bedeutung der Fachsprache (Rincke & Markic 2018) bewusst sind, nicht aber ausreichend über das Wissen zu geeigneten Lehrmethoden und spezifischen Eigenschaften der Fachsprache verfügen und daraus folgend vor allem auf intuitives Wissen bei der unterrichtlichen Handlungsplanung zurückgreifen (ebd.). Das bedeutet, dass fehlendes explizites Handlungswissen durch implizit-intuitives Wissen, wenn nicht ersetzt, so doch mindestens ergänzt wird. Forschungsergebnisse zeigen jedoch, dass auch wenn das explizite Wissen vorhanden ist, es nicht ohne weiteres der Handlungsplanung dient (Kratzmann et al. 2017). Vielmehr können dazu implizite Wissensformen den Ausschlag geben. Das Ziel dieser Studie ist es zu explorieren, welche Bedeutungen angehende Physiklehrkräfte Sprache im Kontext von Unterricht zuschreiben und welches „*Wissen im subjektiven Sinne*“ (Neuweg 2014, 584) sich rekonstruieren lässt, das einen Einfluss auf den Umgang von angehenden Physiklehrkräften mit Sprache im Fachunterricht haben könnte.

### **Forschungsdesign**

Im Rahmen dieser Studie wurden 10 Studierende im zweiten Semester des Masterstudiums in Lehramt mit Unterrichtsfach Physik in Abschluss der schulpraktischen Phase (Kernpraktikum I) interviewt. In den leitfadengestützten narrativen Interviews wurden Fragen in Bezug auf das Studium sowie Praxiserfahrungen allgemein und zur Rolle der Sprache im Physikunterricht gestellt. Damit wurde beabsichtigt, dass die kontextuelle Gebundenheit von Sprache nicht von vorneherein thematisiert werden musste und Verbindungen von Sprache mit weiteren, subjektiv gesetzten Themen erfasst werden konnten. Das Interviewmaterial wurde mit der dokumentarischen Methode (Bohnsack 2014, Nohl 2017) ausgewertet. Die dokumentarische Methode ermöglicht an dieser Stelle den Unterschied zwischen den expliziten Äußerungen, die dem objektiven, gesellschaftlich geteilten Wissen (Sander & Höttecke 2018) entsprechen (hier: was über Sprache gesprochen wird) und dem impliziten Wissen, das auf den Herstellungsprozess einer Äußerung (ebd.) verweist (hier: wie über Sprache gesprochen wird) zu machen. Da wir annehmen, dass das implizite Wissen handlungsleitend ist, wird in der hier vorgestellten Studie der Fokus auf die Rekonstruktion von impliziten Wissensbeständen gelegt. Im Folgenden wird an zwei Beispielen exemplarisch vorgestellt, wie Sprache im Kontext von Physikunterricht konzeptualisiert wird und welche Konzeptualisierungen sich fallübergreifend zeigen. Sämtliche Analysen basieren allerdings auf Vergleichen innerhalb von Fällen und über Fälle hinweg, die hier nicht darstellbar sind.

### **Sprache als Weg zum Verstehen und die Lehrkraft als Wegbegleiterin: Fall Mila**

Im Fall Mila lässt sich eine Fokussierung auf die Sprache als Weg zum Verstehen feststellen: Sprache ermöglicht es aus der Sicht von Mila an bestimmte fachliche Inhalte heranzukommen. Dies zeigt sich, wenn Mila über ihre Entscheidung Physik als Unterrichtsfach zu studieren spricht:

*„[...] Die Faszination, dass=ich (.) ähm (.) Dinge die ich (.) beobachte, (.) erklären kann. (...) einfach die Freude am Beobachten und die Freude am:m am Erklärungssuchen [...]“.*

Mila konstruiert Sprache als einen Weg zwischen „Dinge beobachten“ und „erklären“. Erklären ist der Prozess, der zum eigentlichen Ziel, dem Verstehen führt.

Ein homologes Muster zeigt sich in einer anderen Passage des Interviews, in der Mila über ihr zweites Fach, eine Fremdsprache, spricht:

*„[...] Fand es ne spannende Sprache, find das Land spannend, find die Kultur spannend ((atmet ein)) m:mh und glaube, dass man einfach über n-(.) ne Sprache ne Kultur auch anders erleben kann als wenn man diese Sprache nicht (.) versteht. Nicht spricht [...]“*

Sprache fungiert zwar normativ als Ziel des Fremdsprachenunterrichts, ist aber auch hier ein Mittel durch Sprache zum Verstehen von sprachübergreifenden Inhalten zu kommen und zwar das entsprechende Land und die Kultur zu verstehen. Wieder ist Verstehen das Ziel und Sprache das geeignete Mittel dazu.

An einer weiteren Passage zeigt sich ein weiteres Beispiel, das ein ähnliches Muster für das Verstehen, diesmal in Bezug auf Physikunterricht offenbart:

*„[...] Also des sin... Danach ging=s um Optik und danach ging=s dann um:mum Spalt und (.) //I: Mhm.// Mehrfachspalte (.) . (...) Das heißt auch dort wieder irgendwie ne (.) Riesentabelle anfertigen (.) sollten (.) ähm und was da für mich sehr eindrücklich war, dass denn nen Schüler (.) zu mir ankam ((zittrige Stimme)), als der Lehrer eben nicht (.) oder auf-an ner anderen Gruppe war und sagte <Sagen Sie mal Frau N., was ist eigentlich n Spalt?>. Also wo über diese (.) diese ganze Mess-orgie eigentlich (.) dieses Verständnis komplett hintenübergefallen is [...]“*

Im Physikunterricht geht es aus der Perspektive von Mila im Kern um Verstehen der Fachinhalte. Die Fokussierung auf die oberflächlichen Strukturen des Unterrichts wird als sehr aufwändig abgewertet und stellt den negativen Gegenhorizont für Verstehen dar, dessen sprachliche Voraussetzungen in dieser kontrastiven Spannung der Gefahr ausgesetzt sind, der Aufmerksamkeit der Lehrkraft zu entgehen.

Gleichzeitig mit dem Konzipieren der Sprache als Weg zum Verstehen der fachlichen Inhalte wird Sprache auch als Ziel fachlichen Lernens konstruiert. Dabei geht es ihr um „klare“, „präzise“ Sprache, „Bildungssprache“, also die Sprachform, die für die anderen ohne weiteres verständlich ist. Sprache lässt sich für Mila als Weg rekonstruieren, Dinge für sich zu erklären, um im weiteren Schritt eine Erklärung für andere geben zu können. Da Mila das Verstehen in unterschiedlichen Kontexten immer wieder thematisiert, kann von einem handlungsleitenden Muster gesprochen werden.

### **Sprache als Voraussetzung für den schulischen Unterricht: Fall Tom**

Wie für Mila ist für Tom Sprache mit dem Verstehen von Fachinhalten verbunden. Anders als Mila konstruiert Tom Kommunikation in der Sprache als eine notwendige Station auf dem Weg zum Verstehen. Verstehen bedarf der Kommunikation unter den SuS:

*„[...] also ich könnte (.) mich zu Hause hinsetzen, das (.) mir selbst erarbeiten (.) aber die Schüler können das eben nicht //mhm// (.), noch nich'. Naja und dafür brauch' man Kommunikation. Einmal mit der Lehrkraft aber auch untereinander (.) weil vor all'm (.) das Kommunizieren untereinander (.) bringt ei'm am meisten [...]“*

Es zeigt sich, dass Tom sich in seiner Selbstsicht von den SuS abhebt, denn er bedarf des Austausches mit anderen nicht wie seine SuS. Kommunikation der SuS kontrastiert mit dem eigenen, disziplinierten „Hinsetzen“, was den SuS noch nicht verfügbar ist.

Wenn wir den Fall Tom mit dem Fall Mila kontrastieren, fällt auf, dass Sprache, die für Mila Weg und Ziel des Verstehens ist, für Tom eher eine vorunterrichtliche Voraussetzung darstellt:

*„[...] wenn sie zu Hause (.) mit... (.) wenn sie da Eltern – gebildete Eltern haben: mit den' sie Deutch sprechen (.) denk ich (.) ist die Bildungssprache:: (.) 'ne deutlich geringere Hürde (.) weil man's einfach gewohnt is [...]"*

Damit verschiebt sich für Tom der Fokus der Verantwortung für Sprachbildung deutlich von der Schule – wie bei Mila – zum Elternhaus. Bezugnehmend auf die Konzipierung der eigenen Rolle zeigt sich im Fall Tom die Tendenz, die SuS steuern zu wollen, was sich in der folgenden metaphorischen Äußerung zeigt und sich auf eine idealisierte Vorstellung vom Lernprozess im Unterricht bezieht:

*„[...] ich möchte: (.) quasi (.) ein Leuchtturm sein (.) und die Schüler sind (.) meine Schiffe, das heißt ich möchte die Schüler in ein' (.) sicheren Hafen führ'n. (.) Die Schüler dürfen sich eben entscheiden... (.) ich-ich kann eben nur das Angebot machen. //mhm// Also ich kann sagen hier hier könnt ihr hin ((atmet ein)) (.) ä:hm und die Schüler müssen dann eben (.) entscheiden (.) wo sie hin woll'n und (.) ich unterstütz' sie dabei [...]"*

Als Leuchtturm hält er eine gewisse Distanz zu „Schiffen“, die durch seine Signale dirigiert werden, aber autonom Entscheidungen treffen und handeln. Mila möchte sich dagegen hinsichtlich der eigenen Rolle als Lehrerin:

*„als Geburtshelferin sehen, dass diese jungen Menschen irgendwie ihren Weg finden können“,*

wobei sie durch die Metapher „Geburtshelferin“ ihre Rolle als Begleiterin der SuS konzipiert, die von großer Nähe und unmittelbarer Zugewandtheit gekennzeichnet ist, was im Unterschied zu Tom eine stärkere Unterstützung im Sinne „mit jemanden mitgehen“ bedeutet.

### Fallvergleich

In beiden Fällen wird der Sprache eine Bedeutung beim Lernen zugeschrieben. Während Tom Bildungssprache bei den SuS voraussetzt, konzipiert Mila „klare Sprache“ bzw. „Bildungssprache“ als Ziel und Teil des Unterrichts. Der Lernprozess wird von Mila als Weg, als Prozess des Verstehens aufgefasst, für Tom gehört Kommunizieren als ein wichtiger Aspekt zum Lernprozess. Die eigene Rolle als Lehrkraft wird in beiden Fällen durch metaphorische Ausdrücke beschrieben, welche zeigen, dass Mila ihre Aufgabe darin sieht, SuS zum Ziel auf geradezu intime Weise zu begleiten, Tom dagegen den Weg lediglich anzeigen möchte und die Entscheidung auf dem Weg den SuS selbst überlässt.

Die hier vorgestellten Fälle zeigen auf kontrastierende Weise, wie Sprache von angehenden Physiklehrkräften konzipiert wird. Im Gesamtsample zeigen sich hinsichtlich der Auseinandersetzung mit Sprache folgende Tendenzen:

- Sprache wird überwiegend als Kommunikationsmittel aufgefasst, als ein Mittel oder ein Werkzeug, um Lernen im Austausch mit anderen zu ermöglichen. Ähnlich wie bei Tom zeigt sich eine Vorstellung, dass SuS sich fachliche Inhalte nicht selbstständig, sondern kommunikativ erschließen. Orientierung auf Sprache als Instrument kognitiver Erschließung findet sich im Fall Mila, aber sonst kaum im Sample.
- In Bezug auf den Umgang mit Sprache wird die Lehrerrolle unterschiedlich konzeptualisiert (Geburtshelferin versus Leuchtturm) und zwar bezüglich des Grades der den SuS zugewiesenen Autonomie und des Grades an Nähe und Fürsorge der Lehrkraft zu den SuS. Man kann beide Lehrerrollen zwar als schülerorientiert beschreiben, sie unterscheiden sich aber in Bezug auf die Bereitschaft Sprache als förderungsbedürftiges kognitives Werkzeug anzuerkennen.
- Sprache wird von angehenden Physiklehrkräften häufig vorausgesetzt, ein bestimmtes sprachliches Niveau auch in der Bildungssprache wird erwartet.

### Literatur

- Bohnsack, Ralf (2014). *Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden*. Opladen u.a.: Budrich.
- KMK (Kultusministerkonferenz) (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss Beschluss vom 16.12. 2004* Herausgegeben vom Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Luchterhand.  
[https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf). Zugegriffen: 01.10.2018.
- Kratzmann, Jens, Jahreiß, Samuel, Frank, Maren, Ertanir, Beyhan, & Sachse, Steffi (2017). Einstellungen pädagogischer Fachkräfte in Kindertageseinrichtungen zur Mehrsprachigkeit. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 20 (2), 237–258.
- Nohl, Arnd-Michael (2017). *Interview und Dokumentarische Methode*. Wiesbaden: Springer VS.
- Neuweg, Georg Hans (2014): Das Wissen der Wissensvermittler Problemstellungen, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrerwissen. In: Ewald Terhart, Hedda Bennewitz, Martin Rothland (Hg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 583-614). Münster: Waxmann.
- Rincke, Karsten & Markic, Silvija (2018). Sprache und das Lernen von Naturwissenschaften. In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 31-48). Berlin: Springer Berlin.
- Sander, Hannes & Höttecke, Dietmar (2018). Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 87 (3), S. 352.
- Tajmel, Tanja (2017). *Naturwissenschaftliche Bildung in der Migrationsgesellschaft*. Grundzüge einer Reflexiven Physikdidaktik und kritisch-sprachbewussten Praxis. Wiesbaden: Springer VS.

Heiko Krabbe<sup>1</sup>  
 Philip Timmerman<sup>1</sup>  
 Christine Boubakri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum  
<sup>2</sup>Universität Duisburg-Essen

## BESCHREIBEN, ERKLÄREN und BEGRÜNDEN im Physikunterricht

Betrachtet man die Definitionen der Operatoren BESCHREIBEN, ERKLÄREN und BEGRÜNDEN für den Physikunterricht durch die Kultusministerkonferenz (KMK) und in den verschiedenen Bundesländern, so ergibt sich ein verwirrendes Bild. Beispielsweise wird im Bildungsplan Baden-Württemberg BESCHREIBEN als „Strukturen, Prozesse und Zusammenhänge erfassen und in der Regel unter Verwendung der Fachsprache wiedergeben“ charakterisiert (MKJS-BW, 2016). Dies ist zum Teil deckungsgleich mit der Definition des ERKLÄRENS, nämlich „Strukturen, Prozesse, Zusammenhänge, usw. eines Sachverhaltes erfassen und auf allgemeine Aussagen/Gesetze zurückführen“, die zusätzlich die Rückführung auf allgemeine Aussagen betont (KMK, 2013). Ähnlich wird aber auch der Operator BEGRÜNDEN definiert: „Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen“ (KMK, 2004, 2013). Andererseits wird BEGRÜNDEN auch als „Entscheidungen durch Argumente belegen und rechtfertigen“ (Pommeranz, 2009) festgelegt. Eine bessere Unterscheidung dieser sprachlich-kognitiven Handlungen erscheint – nicht nur in Hinblick auf ein bundesweites Zentralabitur – daher notwendig.

Zur Klärung der sprachlich-kognitiven Handlungen kann ein Blick in den sprachtheoretischen Ansatz der funktionalen Pragmatik hilfreich sein. Das BESCHREIBEN wird dort meist als die genaue, sachliche Darstellung der äußeren Gestalt eines Sachverhalts oder Gegenstands mit dem Ziel angesehen, eine gemeinsame Wahrnehmung zwischen Sprecher und Hörer herzustellen (Stutterheim & Kohlmann, 2001; Redder, 2012). Feilke (2005) betont dagegen, dass das BESCHREIBEN nicht auf den sichtbaren räumlichen Bereich beschränkt ist, sondern sich z. B. auch Vorgänge und Zustände beziehen kann. Der Sachverhalt wird dabei vom Sprecher unter Bezug auf bereits etabliertes Wissen durch Vergleiche und Unterscheidungen erst konstituiert, indem relevante Merkmalen hervorgehoben und markiert werden. Die konzeptuelle Strukturierung verbindet sich dabei mit einer ausdrucks- und textbildenden sprachlichen Strukturierung. ERKLÄREN bedeutet, dass ein Wissender einem Nicht-Wissenden Einsicht in den Zusammenhang von Sachverhalten oder Sachverhaltselementen verschafft (Vogt, 2009). Es kommt zu einer Sinn-Expansion, in der ein vom Sprecher und Hörer geteiltes Erklärsystem über das Vorverständnis hinaus expandiert wird (Ehlich, 2009). Dabei wird beim Hörer eine Bewegung im Wissen ausgelöst, die eine zuvor unverstandene Verknüpfung zwischen der Erklärung und dem zu Erklärenden verständlich werden lässt. Kausalität ist dabei nur eines der möglichen Mittel, um Zusammenhänge herzustellen (vgl. Schramm et al., 2013). Demgegenüber besteht BEGRÜNDEN darin, dem Hörer durch die Aktualisierung von Wissensselementen (Hohenstein, 2006) und den Rückbezug auf unumstrittenes, geteiltes Wissen, einen Sachverhalt oder eine Handlung so verständlich und nachvollziehbar zu machen, dass ein Konsens und eine weitere Kooperation möglich ist (Ehlich & Rehbein, 1986). Allen drei sprachlich-kognitiven Handlungen liegt also eine *Assertion*, d. h. ein Wissenstransfer vom Sprecher zum Hörer zu Grunde. Durch diese Gemeinsamkeit kann es passieren, dass sich die drei sprachlich-kognitiven Handlungen funktional überlagern und gemeinsam realisiert werden (Morek, 2012). So kann eine Erklärung auch zum besseren Verständnis beschreibende Passagen enthalten, die das zu Erklärende oder die Erklärung genauer darlegen. Umgekehrt erfordert eine kohärente Beschreibung auch eine Erklärung der Zusammenhänge ihrer Elemente (Feilke, 2005). Beispielsweise enthält die

Durchführungsbeschreibung im Versuchsprotokoll in der Regel auch Erklärungen, zu welchem Zweck bestimmte Geräte eingesetzt werden oder Handlungen erfolgen.

Besonders schwierig ist die Unterscheidung zwischen einer Erklärung und einer Begründung, weil in beiden Fällen vorwiegend kausale Ausdrucksmittel verwendet werden. Für die Naturwissenschaften versuchen Osborne und Patterson (2011) eine Abgrenzung. Sie greifen dazu das Schema der deduktiv-nomologischen Erklärung von Hempel und Oppenheim (1948) auf. Eine *Erklärung* besteht demnach darin, dass ein gegebener Sachverhalt (*das Explanandum*) aus allgemeinen Gesetzen und situativen Randbedingungen (*dem Explanans*) abgeleitet wird, d. h. die Anwendbarkeit der Gesetzmäßigkeiten unter den gegebenen Randbedingungen deutlich gemacht wird. Bei der Begründung beziehen sich Osborne und Patterson auf das Argumentationsschema von Toulmin (1969). Die *Begründung* stellt demnach die Rechtfertigung (*justification*) einer Behauptung dar. Ziel ist es, Akzeptanz für die Behauptung zu schaffen, indem sie aus feststehenden Aussagen oder Daten (*datum*) mittels etablierter Schlussregeln (*warrants*) als Schlussfolgerung (*conclusion*) abgeleitet wird. Daraus ergibt sich die Gegenüberstellung in Tabelle 1.

| Erklärung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Begründung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• beginnt mit der zu erklärenden Aussage, die nicht in Zweifel steht</li> <li>• macht ein Phänomen durch wissenschaftliche Sachverhalte verständlich</li> <li>• verwendet Zusammenhänge, Gesetze und Theorien als kausale Erklärung</li> <li>• die Erklärung ist weniger gesichert als das Erklärte</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• beginnt mit einer zu begründenden Behauptung, die grundsätzlich vorläufig ist</li> <li>• rechtfertigt die Gültigkeit einer Erklärung oder Annahme; hat eine Überzeugungsabsicht</li> <li>• verwendet akzeptierte Daten und etablierte Belege als Begründung</li> <li>• die Begründung ist gesicherter als das Begründete</li> </ul> |

Tabelle 1: Abgrenzung von Erklärung und Begründung nach Osborne & Patterson (2011).

Für die sprachlich-kognitiven Handlungen im Physikunterricht lassen sich daraus zwei einfache Muster ableiten (Tabelle 2).

| ERKLÄREN                                                                                                  | BEGRÜNDEN                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ein Phänomen liegt vor und wird durch die Anwendung bekannter Gesetze, Regeln oder Zusammenhänge erklärt. | Ein Gesetz, eine Regel oder ein kausaler Zusammenhang wird allgemein behauptet und mit Argumenten (z. B. empirischen Daten) plausibel gemacht. |
| Die <b>Lampe leuchtet</b> , weil <b>Eisen Strom leitet</b> .                                              | <b>Eisen leitet Strom</b> , weil die <b>Lampe leuchtet</b> .                                                                                   |

Tabelle 2: Gegenüberstellung der sprachlichen Handlungen ERKLÄREN und BEGRÜNDEN.

An dem Beispiel wird deutlich, dass der Kausalsatz auf der sprachlichen Oberfläche zwar ein gemeinsames Ausdrucksmittel beim ERKLÄREN und BEGRÜNDEN ist, die Tiefenstruktur aber unterschiedlich realisiert werden muss. Beim ERKLÄREN wird im Hauptsatz eine empirische Tatsache festgestellt, die im Nebensatz auf eine etablierte Gesetzmäßigkeit zurückgeführt wird (*Alle Metalle leiten den Strom*). Allerdings wird die Gesetzmäßigkeit häufig nicht explizit genannt, sondern lediglich die Implikation aus der situativen Randbedingung angeführt (*Eisen ist ein Metall und leitet Strom*). Wichtig ist, zu erkennen, dass die Erklärung erstens nicht aus dem betrachteten Phänomen bzw. Experiment stammt, sondern aus dem bereits vorhandenen theoretischen Wissen hinzugefügt werden muss, und dass zweitens ihre Korrektheit nicht bewiesen ist, sondern bessere alternative Erklärungen existieren könnten. Beim BEGRÜNDEN wird dagegen im Hauptsatz eine Behauptung

formuliert, die im Nebensatz durch (experimentelle) Fakten gestützt wird. Man könnte entsprechend sagen, dass die Auswertung eines explorativen Experiments darin besteht, eine allgemeine Gesetzmäßigkeit zu *begründen*, während bei einem explanativen Experiment der Ausgang des Experiments *erklärt* wird. In einer Replik auf Osborne und Patterson kritisieren Berland und McNeill (2012), dass eine derartige Differenzierung akademisch und ohne praktische Relevanz sei. Es bestehe ein permanentes Wechselspiel z. B. wenn Gesetzmäßigkeiten, die für eine Erklärung herangezogen werden, zunächst mit einem Beispiel oder einer Analogie plausibel gemacht werden.

Hilfreich erscheint uns in diesem Zusammenhang die Unterscheidung verschiedener sprachlicher Ebenen. Auf der Makroebene gibt es die *Beschreibung*, *Erklärung* und *Begründung* als Großformen, deren kommunikativen Elementarmuster sich je nach Kommunikationsintention variabel aus beschreibenden, erklärenden, begründenden usw. Sequenzen zusammensetzen. Diese Sequenzen oder Textsegmente sind isolierbare Kommunikationsschritte auf der Mesoebene, die wiederum auf lokalen ausdrucksbildenden sprachlichen Prozeduren (z. B. Satzmustern) auf der Mikroebene beruhen (Feilke, 2005). Auf der Mesoebene gibt es also abgrenzbare sprachliche Handlungen, aus denen sich größere Textformen zusammensetzen lassen. Sie können als Gerüste für das Lesen und Schreiben von Texten genutzt werden, wenn die spezifischen Handlungsschemata und Ausdrucksmittel als Textprozeduren erworben werden (Feilke, 2014). Deshalb halten wir die oben dargestellte Unterscheidung der sprachlichen Handlungen ERKLÄREN und BEGRÜNDEN auf der Mesoebene sowohl für die Sprachförderung als auch für die Erkenntnisgewinnung im Physikunterricht für zweckmäßig.

Darüber hinaus lassen sich auch innerhalb dieser sprachlichen Handlungen noch Subtypen finden. So unterscheiden z. B. Becker-Mrotzek & Vogt (2009) drei Arten des Erklärens. Das ERKLÄREN-WARUM gibt Gründe oder Handlungsmotive für das Zustandekommen eines Sachverhalts an. Hierzu gehört neben der auf Ursachen bezogenen deduktiv-nomologischen Erklärung auch die teleologische Erklärung, die sich auf Ziele, Zwecke, Umstände oder Motive von Handelnden bezieht. Beim ERKLÄREN-WAS werden Begriffe in ihrer Bedeutung und Verwendungsweise erklärt. Das ERKLÄREN-WIE besteht aus Instruktionen, die jemanden in die Lage versetzen, bestimmte Handlungen auszuführen. Im Gegensatz zur Anleitung, die lediglich die Ausführung einer Prozedur beschreibt, wird dabei prozedurales Wissen vermittelt. Zur besseren Abgrenzung wählen wir die Bezeichnungen BESCHREIBEN-WIE und ERKLÄREN-WOZU.

Generell erscheint uns die Ergänzung von Operatoren durch Fragepartikel eine Möglichkeit zu sein, Textprozeduren auf der Mesoebene genauer zu markieren. Im BMBF-Verbundprojekt „*Schreiben im Fachunterricht der Sekundarstufe I unter Einbeziehung des Türkischen* (SchriFT II)“ wird dieser Ansatz u. a. in Verbindung mit der Textsorte des Versuchsprotokolls im Physikunterricht verfolgt. In einer Intervention soll untersucht werden, inwiefern sich Schülerinnen und Schüler Textsorten sprachlich und funktional-fachlich durch das Einüben differenzierter Textprozeduren aneignen können. In Tabelle 3 sind die dafür vorgesehenen Textprozeduren dargestellt.

| Textprozeduren                |                                 | Funktion im Versuchsprotokoll          |
|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|
| BESCHREIBEN-WOMIT             | <i>der Versuch erfolgt</i>      | Versuchsaufbau (Materialien)           |
| BESCHREIBEN-WIE               | <i>der Versuch abläuft</i>      | Versuchsdurchführung (Anleitung)       |
| ERKLÄREN-WOZU                 | <i>die Lampen dient</i>         | Versuchsaufbau und -durchführung       |
| BESCHREIBEN-WAS-PASSIERT-WENN |                                 | Beobachtungen                          |
| ERKLÄREN-WAS                  | <i>ein Leiter ist</i>           | Begriffserklärungen                    |
| ERKLÄREN-WARUM                | <i>die Lampe leuchtet</i>       | Kausalerklärung (deduktiv-nomologisch) |
| BEGRÜNDEN-OB                  | <i>nur Metalle Strom leiten</i> | Verallgemeinerung (induktiv)           |
| BEGRÜNDEN-WELCHE              | <i>Erklärung besser ist</i>     | Entscheidungsbegründung                |

Tabelle 3: Textprozeduren und ihre Funktion im Versuchsprotokoll



## Literatur

- Becker-Mrotzek, M. & Vogt, R. (2009). *Unterrichtskommunikation. Linguistische Analysemethoden und Forschungsergebnisse* (2. Auflage). Tübingen: Niemeyer.
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2012). For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. *Science Education*, 96(5), 808–813.
- Ehlich, K. (2009). Erklären verstehen – Erklären und Verstehen. In: Vogt, R. (Hrsg.). *Erklären*. Tübingen: Stauffenberg. S. 11–24.
- Ehlich, K., & Rehbein, J. (1986). *Muster und Institution. Untersuchungen zur schulischen Kommunikation*. Tübingen: Narr.
- Feilke, H. (2005). Beschreiben, erklären, argumentieren – Überlegungen zu einem pragmatischen Kontinuum. In: Klotz, P., & Lubkoll, C. (Hrsg.). *Beschreibend wahrnehmen – wahrnehmend beschreiben*. Freiburg i. Br.: Rombach. S. 45–60.
- Feilke, H. (2014). Argumente für eine Didaktik der Textprozeduren. In: Bachmann, T., & Feilke, H. (Hrsg.) *Werkzeuge des Schreibens. Beiträge zu einer Didaktik der Textprozeduren*. Stuttgart: Fillibach bei Klett.
- Hempel, & Oppenheim (1948). Studies in the Logic of Explanation. *Philosophy of Science*, 15(2). S. 135–175. S. 136.
- Hohenstein, C. (2006). *Erklärendes Handeln im wissenschaftlichen Vortrag. Ein Vergleich des Deutschen mit dem Japanischen*. München: Iudicium.
- Kulgemeyer, C. (2017) *Physik erklären. Kumulative Habilitationsschrift*, Universität Bremen.
- KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2004). *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik*. München: Luchterhand. Verfügbar unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/1989/1989\\_12\\_01-EPA-Physik.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1989/1989_12_01-EPA-Physik.pdf). Abgerufen am: 18.9.2018.
- KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2013). *Operatoren für die naturwissenschaftlichen Fächer (Physik, Biologie, Chemie) an den Deutschen Schulen im Ausland*. Verfügbar unter: <https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Bildung/Auslandsschulwesen/Kerncurriculum/Auslandsschulwesen-Operatoren-Naturwissenschaften-02-2013.pdf>. Abgerufen am: 18.9.2018.
- MKJS-BS, Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2016). *Gemeinsamer Bildungsplan der Sekundarstufe I. Physik*. Verfügbar unter: <http://www.bildungsplaene-bw.de/Lde/LS/BP2016BW/ALLG/SEK1/PH/OP>. Abgerufen am: 18.09.2018.
- Morek, M. (2012). *Kinder erklären: Interaktionen in Familie und Unterricht im Vergleich*. Tübingen: Stauffenburg.
- Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education*, 95(4), 627–638.
- Pommeranz, H.-P. (2009). *Signalwörter/Operatoren. Physik*. Bildungsserver Sachsen-Anhalt. Verfügbar unter: [http://www.bildung-lsa.de/index.php?KAT\\_ID=1688#art5587](http://www.bildung-lsa.de/index.php?KAT_ID=1688#art5587). Abgerufen am: 18.9.2018.
- Redder, A. (2012): Wissen, Erklären und Verstehen im Sachunterricht. In: H. Roll, & A. Schilling (Hrsg.). *Mehrsprachiges Handeln im Fokus von Linguistik und Didaktik: Wilhelm Grießhaber zum 65. Geburtstag*. Duisburg: Univ.-Verl. Rhein-Ruhr, S. 117–134.
- Schramm, K., Hardy, I., Saalbach, H., & Gadow, A. (2013). Wissenschaftliches Begründen im Sachunterricht. In: Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E., & Vollmer, H. J. (Hrsg.). *Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen*. Münster: Waxmann, S. 295–316.
- Stutterheim, C. v., & Kohlmann, U. (2001). Beschreiben im Gespräch. In: Brinker, K., Antos, G., Heinemann, W., & Sager, S. F. (Hrsg.). *Text- und Gesprächslinguistik. Ein internationales Handbuch zeitgenössischer Forschung*. Berlin: de Gruyter (Halbbd. 2), S. 1279–1292.
- Toulmin, S. E. (1969): *The uses of argument*. Cambridge: University Press; dtsh. (1975): *Der Gebrauch von Argumenten*. Kronberg: Scriptor.
- Vogt, R. (2009). *Erklären: Gesprächsanalytische und fachdidaktische Perspektiven*. Tübingen: Stauffenburg.

Ulrike Gromadecki-Thiele<sup>1</sup>  
Burkhard Priemer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CFvW Gymnasium Barmstedt  
<sup>2</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

## **Inhaltliche Analyse von Schülerargumentationen zur Energiegewinnung**

### **Motivation und Zielstellung der Untersuchung**

Die Frage, wie wir Menschen auch in Zukunft die benötigten Energiemengen bereitstellen können, ohne die Ressourcen der Erde „aufzubrauchen“, ist ein Beispiel eines Socio-Scientific Issues (kurz SSI). SSIs sind dadurch gekennzeichnet, dass sie eine komplexe Problemstruktur haben und dass ihre Lösungswege in der Regel vielfältig und nicht eindeutig sind. Genauso wie das Erlernen von argumentativen Fähigkeiten kann die Auseinandersetzung mit SSIs bei Schülerinnen und Schülern nicht nur ein vertieftes konzeptuelles Verständnis des jeweiligen Sachverhaltes bewirken, sondern auch Fertigkeiten einer naturwissenschaftlichen Grundbildung vermitteln (Sadler & Zeidler, 2005; Zohar & Nemet, 2002). Letztlich kann eine argumentativ-kritische Haltung zu realen gesellschaftlich-naturwissenschaftlichen Themen eine Reifung der Schülerinnen und Schülern zu demokratischen und verantwortungsbewussten Bürgern fördern (Evagorou, Jimenez-Aleixandre & Jonathan, 2012; Sadler, 2009). Dies ist ein Grund dafür, dass dem Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht große Bedeutung beigemessen wird.

### **Forschungsinteresse**

Die hier vorgestellte Untersuchung ist in ein Forschungsvorhaben eingegliedert, das drei Zielstellungen für die Analyse von schriftlichen Schülerargumentationen verfolgt: 1) ein strukturelles Analyseinstrument auf der Basis des Toulmin-Schemas weiterzuentwickeln, 2) ein inhaltliches Analyseinstrument zu erstellen und 3) die Ergebnisse von struktureller und inhaltlicher Argumentationsanalyse miteinander in Beziehung zu setzen. Die strukturelle Analyse der Argumente von Schülerinnen und Schülern - Punkt 1) - ist bereits abgeschlossen (MEd-Arb. Denkowski, 2016). Der hier vorliegende Beitrag bezieht sich auf Punkt 2). Ein inhaltliche Analyseinstrument wurde in Vorarbeiten bereits konstruiert und erprobt, doch musste dieses aufgrund der teilweise unzufriedenstellenden Interraterreliabilitäten überarbeitet werden (MEd-Arb. Simon, 2017; Gromadecki-Thiele & Priemer, 2017).

### **Stichprobe und Daten**

Für das gesamte Vorhaben werden Daten aus zwei Studien verwendet. Bei der einen Studie handelt es sich um das Projekt „*ArguKos*“, einer Online-Lernumgebung zu Thema *Schwarze Löcher* (Brunner, Lewalter, Csizmazia & Priemer, 2016). Die andere Studie ist in das Planspiel „*Energetingen*“ eingebettet (Knogler & Lewalter, 2014), welches das Thema *Energiegewinnung durch Kraftwerke* zum Inhalt hat.

„Energetingen“ wurde ab 2010 in rund 30 Schulen in Bayern durchgeführt. Für die inhaltliche Analyse der Schülerargumentationen standen 68 vorstrukturierte Antwortbögen von Zehntklässlern mit insgesamt 561 Argumenten, bei denen die Schülerinnen und Schüler Pro- und Contraargumente für ein bestimmtes alternatives Kraftwerk (wie z. B. Geothermiekraftwerk, Pumpwasserkraftwerk, Windkraftanlage oder Photovoltaikanlage) nennen sollten, zur Verfügung.

### **Entwicklung eines Kodierverfahrens für die inhaltliche Analyse**

Das Toulmin-Schema kann die Struktur eines Arguments abbilden, nicht aber den Wahrheitsgehalt prüfen oder Widersprüche und logische Fehler aufdecken. In der aktuellen

Literatur findet man zu inhaltlichen Argumentationsanalyse weitaus weniger Quellen als zur strukturellen Argumentationsanalyse. Einige Studien entwickeln für die inhaltliche Analyse z. B. Klassifizierungen wie normativ, emotional, intuitiv oder rational oder prüfen die Argumente auf ihre Gültigkeit, Richtigkeit oder Relevanz. Die meisten dieser Studien beziehen sich dabei auf ältere Arbeiten z. B. von Sadler und Zeidler (2005), Means und Voss (1996) oder Zohar und Nemet (2002). Ausgehend von diesem Forschungsstand und unseren eigenen Vorarbeiten schlagen wir insgesamt fünf Grundkategorien für die inhaltliche Analyse von Argumenten (im Kontext von SSIs) vor (siehe Tab. 1).

| Kategorie          | Inhaltliche(s) Strukturelement(e)                                                                                                                         |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Themenbereich      | Naturwissenschaftlich, politisch-wirtschaftlich, emotional                                                                                                |
| Wahrheitsgehalt    | Richtigkeit der Grundannahmen, nicht der Schlussfolgerung                                                                                                 |
| Folgerichtigkeit   | Logische Verknüpfungen sind vorhanden oder nicht vorhanden; sie werden richtig oder nicht richtig benutzt                                                 |
| Logische Stringenz | Gibt es inhaltliche Lücken, wie z. B. zugrundeliegende Prinzipien, die nicht genannt werden? Ist das Argument vollständig? Gibt es logische Widersprüche? |
| Relevanz           | Ist das Argument relevant oder vernachlässigbar? Ist die Eintrittswahrscheinlichkeit hoch oder niedrig?                                                   |

Tab. 1. Kategorien der inhaltlichen Argumentationsanalyse (Bsp.: Themen im Bereich SSI)

#### Schwierigkeiten bei der Kodierung der Kategorie *Wahrheitsgehalt*

Die Kategorie *Wahrheitsgehalt* der inhaltlichen Analyse prüft, ob die Grundannahmen des Arguments wahr sind. Unbeachtet bleibt hier, ob die Folgerungen richtig sind. Dies wird von der Kategorie *Folgerichtigkeit* oder *Logische Stringenz* abgedeckt, indem kontrolliert wird, ob der logische Schluss von den Grundannahmen (mögen sie richtig sein oder nicht) auf eine Behauptung / Schlussfolgerung korrekt ist.

Die konkrete Umsetzung dieser Kategorie im Kodierungsmanual hat drei große Schwierigkeiten bei unserer Stichprobe aufgedeckt. Erstens liegt es im grundsätzlichen Charakter eines SSI, dass es multiple und nicht eindeutige Lösungen gibt. Zweitens ist es bei dem Projekt „*Energetingen*“ schwer gewesen, den Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler nachträglich zu rekonstruieren. Drittens ist das Projekt „*Energetingen*“ ein Rollenspiel, d. h. die Schülerinnen und Schüler nehmen bestimmte Rollen (wie z. B. Bürgermeister oder Landbesitzer) ein und haben dazu individuelle Vorgaben. Diese drei Schwierigkeiten machten die Erstellung des Kodierungsmanuals aus folgenden Gründen in hohem Maße aufwendig:

- Die Recherche für jedes einzelne Kraftwerk beinhaltete die Sichtung des gesamten Spielmaterials und machte darüber hinaus eine umfangreiche Internetrecherche nötig.
- Dieses umfangreiche Material musste evaluiert werden, um klare Aussagen über die Richtigkeit treffen zu können.
- Um das Manual übersichtlich zu gestalten, musste zudem eine allgemeine Struktur bzw. Klassifizierung für die Informationen eines jeden Kraftwerks geschaffen werden.
- Obwohl das Manual für jedes Kraftwerk eine sehr große Anzahl an Informationen enthält, war es dennoch nicht möglich, alle in den Schülerargumentationen genannten Fakten und Wertungen nachzuprüfen. Eine beträchtliche Anzahl an Argumenten konnte deshalb nicht bewertet werden.

- Bei den ersten Testkodierungen stellte sich überdies heraus, dass die Kategorie Wahrheitsgehalt noch weiter unterteilt werden muss, weil Schülerinnen und Schüler teilweise die richtigen Fakten nannten, aber diese nicht richtig bewerteten. So ist z. B. die Aussage zum Pumpspeicherkraftwerk „*Verglichen mit anderen Kraftwerken geringe Baukosten von ca. 600 Millionen Euro.*“ in der Kategorie *Wahrheitsgehalt Fakten* richtig, weil die Baukosten 600 Millionen Euro betragen. Aber die Wertung, dass es sich dabei im Vergleich zu anderen Kraftwerken um geringe Baukosten handelt, ist falsch.

### Ergebnisse der Kategorie Wahrheitsgehalt

Eine erste Erprobung des Manuals mit zwei Ratern ergab in den beiden Unterkategorien *Fakten* und *Wertung* zunächst mittelmäßige Interrater-Reliabilitäten. Eine Diskussion der kritischen Fälle und eine Modifizierung des Manuals führte aber zu einer wesentlichen Verbesserung des Verfahrens (MEd-Arb. in Arbeit Kowalski, 2018; siehe Tab. 2).

| Kategorie                | Inhaltliche(s) Strukturelement(e)                      | Cohens Kappa |
|--------------------------|--------------------------------------------------------|--------------|
| Wahrheitsgehalt: Fakten  | Richtigkeit der genannten Fakten bei den Grundannahmen | 0,68 (0,49)  |
| Wahrheitsgehalt: Wertung | Richtigkeit der Wertung bei den Grundannahmen          | 0,76 (0,57)  |

Tab. 2. Interrater-Reliabilitäten der inhaltlichen Kategorie Wahrheitsgehalt für die Unterkategorien „Fakten“ und „Wertung“ (Angaben in Klammern Werte vor der Modifizierung)

Von den anfänglichen 561 Argumente konnten in der Untersuchung jedoch nicht alle verwendet werden, weil in der Kategorie *Wahrheitsgehalt: Fakten* 183 Fälle und in der Kategorie *Wahrheitsgehalt: Wertung* 293 Fälle nicht nachprüfbar waren. Die Ergebnisse der Argumentationsanalyse zeigen, dass in den verbleibenden Argumenten 85 % der Fälle die richtigen Fakten genannt und in 77 % der Fälle die Fakten richtig bewertet wurden.

### Diskussion und Ausblick

Bei unserem inhaltlichen Analyseinstrument zeigen die zwei Unterkategorien *Wahrheitsgehalt: Fakten* und *Wahrheitsgehalt: Wertung* gute Interrater-Reliabilitäten (Bortz & Döring, 2006, 277). D. h., dass eine inhaltliche Qualitätsbestimmung der Argumente grundsätzlich gut möglich ist. Doch bleibt u. E. eine bedeutsame Frage offen: Ist die Konstruktion eines solchen Manuals (für SSIs) zu aufwendig, wenn man bedenkt, dass die inhaltlichen Fakten für jedes Thema neu und individuell zusammengetragen werden müssen? Für die Zukunft bleibt deshalb zu klären, welche Formen der Vereinfachung hier möglich und sinnvoll sind.

Die Ergebnisse der inhaltlichen Analyse deuten darauf hin, dass ein Großteil der Schülerinnen und Schüler die „richtigen“ Fakten in den Argumenten nennen und eine richtige Wertung vornehmen. Aber haben die Schülerinnen und Schüler die Fakten und Wertungen, die aus den Instruktionen, Anleitungen und Infobroschüren stammen, selbst zu einem Argument zusammengefügt oder einfach „übernommen“? Und: Wie sieht die Qualität der Argumente in anderen inhaltlichen Kategorien aus? Dies ist noch durch weitere Studien zu klären.

### Literatur

- Bortz J, Döring, N. (2006) Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, 4. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo
- Brunner, M., Lewalter, D., Csizmazia, A. & Priemer, B. (2016). ArguKos – Argumentieren in der Kosmologie. *Astronomie + Raumfahrt im Unterricht* 53 (3-4), 40-42.
- Knogler, M. & Lewalter, D. (2014). Design-Based Research im Naturwissenschaftlichen Unterricht. Das motivationsfördernde Potential situierter Lernumgebungen im Fokus. [Design-Based Research in Science Education. Exploring the Motivating Power of Situated Learning Environments] *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 61, 2 –14. doi:10.2378/peu2014.art02d
- Denkowski, Ph. (2016). Analyse von schriftlichen Argumentationen von Schülerinnen und Schülern zum Thema Schwarze Löcher (MED-Arb)
- Evagorou, M., Jimenez-Aleixandre, M.P. & Jonathan, O. (2012) Should We Kill the Grey Squirrels?’ A Study Exploring Students’ Justifications and Decision-Making. *International Journal of Science Education* 34 (3), 401–428
- Gromadecki-Thiele, U. & Priemer, B. : Schülerargumentationen untersuchen: Strukturelle vs. inhaltliche Analyse. In: *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Jahrestagung der GDCP in Regensburg*. Lit-Verlag, 38, 336-339
- Means, M. L. & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels *Cognition and instruction*, 14, 139-178
- Sadler, T. (2009). Situated Learning in Science Education: Socio-Scientific Issues as Contexts for Practice *Studies in Science Education*, 45, 1-42
- Sadler, T. D. & Zeidler, D. L. (2005). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues *Science Education*, 89, 71-93
- Simon, A. (2017). Entwicklung eines Manuals zur inhaltlichen Analyse von naturwissenschaftlichen Argumentationen (Med-Arb)
- Zohar, A, & Nehmet, F. (2002). Fostering Students’ Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*. 39 (1), 35-62

Jennifer Krupinski  
 Sarah Rau-Patschke  
 Stefan Rumann

Universität Duisburg-Essen  
 Universität Duisburg-Essen  
 Universität Duisburg-Essen

## **SchülerInnen erklären naturwissenschaftliche Phänomene**

### **Ausgangslage**

„Erkläre!“ - dieser Operator vereint sprachliche wie inhaltliche Anforderungen, die Gegenstand der angestrebten grundlegenden Bildung im Sachunterricht sind. Als Bestandteil der scientific literacy sollen SchülerInnen lernen, sich über ihre Erklärungen naturwissenschaftlicher Phänomene auszutauschen (Möller et al., 2014). Diese fachliche Kompetenzerwartung weist zugleich auf das Erklären als diskursive Sprachpraktik zur Wissenskonstruktion hin (Prediger et al., 2016). Die Verknüpfung zwischen fachlichem und sprachlichem Lernen ist in diesem Zusammenhang unverzichtbar und bildet exemplarisch eine zentrale Stärke des Sachunterrichts ab (GDSU, 2013; Quehl & Trapp, 2015). Bereits in der Schuleingangsphase ergeben sich eine Vielzahl an Erklärungsanforderungen, die dabei vorwiegend mündlich erfolgen. Die zentrale Bedeutung des Erklärens spiegelt sich auch in der bundesweiten Verankerung des Operators *Erklären* in den Curricula des Sachunterrichts wider sowie in der durchgängigen Präsenz des Operators in den Schulbüchern des Sachunterrichts ab der ersten Klasse.

Dem ungeachtet lassen sich neben der reinen Erkläraufforderung kaum Kriterien oder gar eine einheitliche Definition finden, die darlegen könnten, welche Anforderungen an eine Schülererklärung gestellt werden. Für eine professionelle Unterrichtsplanung muss jedoch festgelegt werden, wie eine adäquate Schülererklärung zu naturwissenschaftlichen Sachverhalten im Sachunterricht aufgebaut ist. Welche Erwartungen können an die jungen SchülerInnen gestellt und daran anknüpfend in der Entwicklung ihrer Erklärfähigkeiten unterstützt werden? Eindeutige Antworten auf diese Fragen lassen sich weder den Lehrerhandreichungen zu sachunterrichtlichen Schulbüchern noch der Fachliteratur entnehmen. Daraus entsteht ein Handlungsbedarf, der das folgende Studienprojekt legitimiert. Im Rahmen des sachunterrichtlichen Lernens werden mündliche Schülererklärungen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen erfasst und ihre Unterscheidungsmerkmale von der ersten bis zur vierten Klasse mithilfe eines deduktiv inhaltsanalytischen Kategoriensystems identifiziert. Auf dieser Grundlage soll eine Übersicht über die Erklärfähigkeit der SchülerInnen während der Grundschulzeit erstellt werden, die wiederum zum Ausgangspunkt für die Entwicklung gezielter Fördermaßnahmen dienen kann. Auf diese Weise soll ein Beitrag zur Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Schülererklärungen in der Grundschule geleistet werden.

### **Theoretischer Hintergrund**

Die aufgedeckte fehlende Transparenz der Anforderungen an Erklärungen setzt sich sowohl in der Forschung als auch in der Fachliteratur weiter fort. Osborne und Patterson (2011) haben bereits auf den Mangel eines einheitlichen Verständnisses des Operators „Erklären“ und seiner Differenzierung zu weiteren Sprachhandlungen wie dem Argumentieren, dem Beschreiben, dem Erläutern u.a. hingewiesen.

Unter diesen Umständen ist eine klare Positionierung zum zugrundeliegenden Verständnis des Erklärens unerlässlich und äußert sich in der folgenden Projektdefinition:

*Eine Erklärung ist das Produkt eines interaktiven Prozesses der Wissensvermittlung zwischen mindestens zwei Akteuren, der unter Anwendung von beschreibenden Sprachhandlungen vorhandene Wissens Elemente verknüpft, um neues Wissen zu generieren und/oder einen*

*Sachverhalt zu verdeutlichen. Die Auswahl der entscheidenden Wissensselemente zur Generierung einer Erklärung kann auch argumentative Anteile beinhalten.* (angelehnt an Klein, 2016; Osborn & Patterson, 2011; Morek, Heller, & Quasthoff, 2017)

Diese Definition wird mithilfe der Erklärtypologie nach Klein in *Erklären -Was, -Wie und -Warum* weiter differenziert (2016). Die drei Typen des Erklärens weisen hinsichtlich ihres Abstraktions- und Komplexitätsgrades der Erklärung auf eine hierarchische Ordnung hin.

Das *Erklären-Was* findet maßgeblich auf der deskriptiven Ebene statt, mit dem Ziel, anhand der Beschreibung der wesentlichen Merkmale des Erklärgegenstandes dem Adressaten die Bildung eines mentalen Abbildes des Explanandum zu ermöglichen. Ein erster Schritt von der deklarativen zur prozeduralen Wissenssebene erfolgt beim *Erklären-Wie*, indem zusätzlich zur Beschreibung erste Prozesszusammenhänge verdeutlicht werden, um den Adressaten zu befähigen, Handlungen selbstständig auszuführen und Handlungskompetenz aufzubauen (Klein, 2016). Den Übergang zur konditionalen Wissenssebene erfordert das *Erklären-Warum*, aufgrund der Anforderung der gezielten Auswahl und Verknüpfung von allgemeinen Regeln und Gesetzmäßigkeiten, um das Zustandekommen des Erklärgegenstandes zu verdeutlichen (ebd.).

Jede Erklärung lässt sich demnach anhand der drei *Erklärtypen* sowie anhand der verwendeten *Wissenselemente* differenzieren. Dabei werden grundlegend die Wissensselemente, wie einfache Wahrnehmungsbeschreibungen, Schülervorstellungen und Ansätze von naturwissenschaftlichen Konzepten, unterschieden. Diese beiden Merkmale (*Erklärtypen*, *Wissenselemente*) einer Erklärung werden durch die *Adressatenorientierung* ergänzt, die den interaktiven Prozess (s. Definition) verdeutlicht. Nach Klein (2017) sind Kinder ab 2 Jahren in kooperativen Interaktionsprozessen in der Lage, erste Schlussfolgerungen zu verbalisieren. Die Einflussnahme des Adressaten auf die Qualität und die Quantität der Erklärung scheint demnach naheliegend. Gleichzeitig weist die hohe Anforderung an die SchülerInnen eine medial mündliche Erklärung zu formulieren und diese nicht nur inhaltlich, sondern auch sprachlich adressatengerecht zu gestalten, auf die gesonderte Berücksichtigung sprachlicher Strukturen hin (im Folgenden: Merkmal *Sprache*).

Weitere Bestandteile einer Erklärung lassen sich u.a. der Arbeit von Röhner (2009) entnehmen, die in einer längsschnittlichen Untersuchung der Diskursfähigkeiten von GrundschülerInnen von der ersten bis dritten Klasse einen Anstieg der *Vollständigkeit* der Sätze und eine Verbesserung der *Strukturierung* einer Spielerklärung darlegen konnte.

### Forschungsfragen

Es ist festzuhalten, dass es nur wenige Informationen zur frühen Entwicklung der Erklärfähigkeiten und ihrer Förderung gibt. Die aufgeführten Studien fokussieren meist eine ausgewählte Facette des Erklärens. Aufbauend auf dieser Forschungsgrundlage und den abgeleiteten Bestandteilen einer Erklärung zielt das vorliegende Projekt auf eine ganzheitliche Betrachtung der mündlichen Schülererklärungen über die vier Jahrgangsstufen der Grundschule hinweg. Dabei wird die Beantwortung der folgenden Forschungsfragen angestrebt:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wie erklären GrundschülerInnen mündlich naturwissenschaftliche Phänomene hinsichtlich ...</li> <li>2. Worin unterscheiden sich die mündlichen Schülererklärungen von der ersten bis zur vierten Klasse hinsichtlich ...</li> </ol> | } | <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Erklärtypen</li> <li>b) Wissensselemente</li> <li>c) Vollständigkeit</li> <li>d) Struktur</li> <li>e) Sprache</li> <li>f) Adressatenorientierung</li> </ol> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Studiendesign

Das Ziel, einen Beitrag zur Grundlagenforschung auf dem Gebiet der naturwissenschaftlichen Schülererklärungen im Sachunterricht von der 1. bis zur 4. Klasse zu leisten, legt eine qualitativ inhaltsanalytische Herangehensweise zur Beantwortung der vorgestellten Forschungsfragen nahe.

Abbildung 1 zeigt das Vorgehen der geplanten Hauptstudie mit einer angestrebten Stichprobe von  $N = 120$  SchülerInnen, mit jeweils 30 SchülerInnen aus den Jahrgangsstufen eins bis vier.

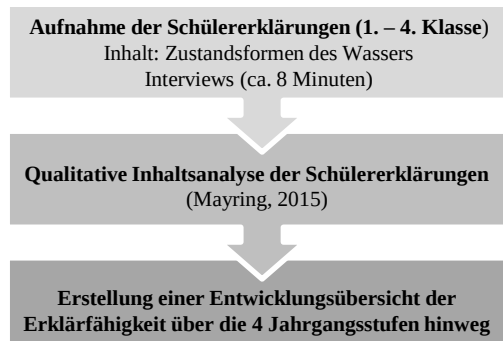


Abb. 1. Studiendesign

Dazu werden mündliche Erklärungen der SchülerInnen zum ausgewählten naturwissenschaftlichen Phänomen „Aggregatzustände“ videographiert und für die anschließende qualitative Inhaltsanalyse transkribiert. Die qualitative Inhaltsanalyse folgt der interpretativen Grundform der Strukturierung, wobei ein deduktiv hergeleitetes Kategoriensystem die Grundlage für die Analyse der Schülererklärungen darstellt (Mayring, 2015). Dabei bilden die sechs aus der Forschung hergeleiteten Merkmale einer Schülererklärung (siehe oben) die Ausgangslage für das vorläufige Kategoriensystem, die in ihren Facetten weiter ausdifferenziert werden. Dieses Kategoriensystem wird im Rahmen der Pilotierung mit einer Stichprobe von  $N = 55$  erprobt und ggf. induktiv erweitert. Die Auswertung der Daten erfolgt mit MAXQDA.

### Erste Ergebnisse und Ausblick

Die bisherigen Analysen der Pilotstudie zeigen, dass mithilfe der deduktiv abgeleiteten Merkmale die mündlichen Erklärungen der SchülerInnen vollständig beschrieben werden können und damit das erstellte Kategoriensystem die Hauptmerkmale der Schülererklärungen abdecken. Die Hauptmerkmale des Kategoriensystems sind somit für die Hauptstudie festgesetzt. Die weitere Auswertung der Pilotierungsdaten wird zeigen, ob mit den einzelnen Facetten der Hauptmerkmale die Erklärgüte ausreichend abgebildet werden kann oder eine induktive Erweiterung erforderlich ist. Des Weiteren zeigen erste Auswertungen einzelner Erklärungen einen divergierenden Einfluss auf die qualitative und quantitative Ausprägung der Schülererklärung. So werden Erklärungen abgebrochen, indem dem Adressaten Wissen unterstellt wird und damit die Notwendigkeit weiterer Ausführungen ausbleibt. Aus dieser Erkenntnis resultiert die Intention einer zweiten Pilotierungsphase. Dabei wird der Einsatz einer Handpuppe als alternativer Adressat überprüft, der das Autoritätsgefälle zwischen Erklärendem und Interviewer ausgleichen soll.



## Literatur

- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (Hrsg.). (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Klein, J. (2017). Beginnende ARGUMENTIER- und ERKLÄR-Kompetenz im Vorschulalter (1,9 - 3,0) Vorformen und Topik. In Meißner, I., & Wyss, E. L. (Hrsg.). *Stauffenburg Linguistik: Band 93. Begründen - Erklären - Argumentieren. Konzepte und Modellierungen in der Angewandten Linguistik* (65–88). Tübingen: Stauffenburg Verlag.
- Klein, J. (2016). Erklären-Was, Erklären-Wie, Erklären-Warum. Typologie und Komplexität zentraler Akte der Welterschließung. In: Vogt, R. (Hrsg.). (2016). *Erklären*. Tübingen: Stauffenburg Verlag.
- Mayring, Ph. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim & Basel: Beltz.
- Möller, K., Kleickmann, T., & Sodian, B. (2014). Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. In Einsiedler, W. (Ed.). *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (527–535). Bad Heilbrunn, Stuttgart: Klinkhardt; UTB.
- Morek, M., Quasthoff, U., & Heller, V. (2017). Erklären und Argumentieren. Modellierungen und empirische Befunde zu Strukturen und Varianzen. In: Wyss, E. L., Meißner, I. (Hrsg.). *Begründen – Erklären – Argumentieren. Konzepte und Modellierungen in der Angewandten Linguistik*. Tübingen: Stauffenburg. S. 11–46.
- Osborne, J. F., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education*, 95(4), 627–638. <https://doi.org/10.1002/sce.20438>
- Prediger, S.; Erath, K.; Quasthoff, U.; Heller, V. & Vogeler, A. (2016). Befähigung zur Teilhabe an Unterrichtsdiskursen: Die Rolle von Diskurskompetenz. In: Menthe, D; Höttecke, T; Zabka, M.; Hammann, M. & Rothgangel (Hrsg.). *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung*. Münster: Waxmann, -
- Quehl, T., & Trapp, U. (2015). *Wege zur Bildungssprache im Sachunterricht: Sprachbildung in der Grundschule auf der Basis von Planungsrahmen*. Münster, New York: Waxmann.
- Röhner, C. (2009). Abschlussbericht: Projekt: Sprachförderung von Migrantenkindern im Kontext frühen naturwissenschaftlich-technischen Verfügbar unter: [https://www.erziehungswissenschaft.uni-wuppertal.de/fileadmin/erziehungswissenschaft/fach\\_paedagogik-der-fruehen-kindheit/Abschlussbericht-Nawiprojekt.pdf](https://www.erziehungswissenschaft.uni-wuppertal.de/fileadmin/erziehungswissenschaft/fach_paedagogik-der-fruehen-kindheit/Abschlussbericht-Nawiprojekt.pdf)

## Multiple skills and scientific literacy: history of science and ICT

### Introduction

There has been a long-standing debate about scientific literacy, argumentation competence and critical thinking over the last couple of decades (Erduran, Osborne & Simon, 2005). Based on educational researches and influenced by international organizations, such as the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), government scientific and educational policies have included scientific literacy as the main subject for education and social development (OECD, 2001; 2017). In general, these policies regard technology as applied science and focus on functional science without contemplating social aspects.

However, the concept of scientific literacy has different interpretations in Science Education (Laugksch, 2000). Among them, it can be elucidated as the capacity of applying scientific knowledge to understand and to change social aspects. From this perspective, scientific literacy, argumentative competence and critical thinking encompass to learn science and its consequences with respect to social aspects, as well as to acquire competence to question whether such consequences are relevant and for whom. In some cases, this scientific literacy interpretation is not appropriate to government scientific and educational policies.

In this work, we discuss how the process of designing multimedia materials based on the history of science can contribute to scientific literacy. Aiming at creating video and cartoon based on historical case studies, teacher training students and high school students developed multiple skills, as argumentative and critical thinking, and were able to both understand the importance of social context to scientific knowledge and question its attributed values.

### A framework

Two main authors represent the meaning of scientific literacy to Brazilian educators: Freire (2000) and Hurd (1998). For the former, scientific literacy means that students learn science to change their own reality. In this sense, teaching and learning science have an emancipatory reason. Freire (2000) emphasizes the ideological role of education and the need for critically reading the world as a result of being aware of how the social context influences the scientific knowledge, highlighting that argumentative competence and critical thinking refer to the ability of questioning why knowledge is necessary and how it can reduce social differences.

In contrast to Freire (2000), Hurd (1998) considers scientific literacy as the capacity of applying a reasoning method to understand natural phenomena. In this respect, there is a methodological reason for science teaching and learning. The scientific literacy is achieved when students are able to establish hypotheses, arguments and counterarguments during a science investigation activity. According to Hurd's scientific literacy concept, social aspects are not essential, whereas argumentative competence and critical thinking are the implementation of a scientific method<sup>1</sup>.

Argumentative competence, critical thinking and the importance of social context to scientific knowledge are present in the Brazilian National guidelines for teaching and

<sup>1</sup> There are many controversies on the existence of a unique scientific method (Chalmers, 2013).

learning science (Brasil, 2015). According to these guidelines, teacher training students and high school students must develop argumentative and critical thinking skills through investigative and interdisciplinary practice and activities, along with knowing languages and having Information and Communication Technology (ICT) skills.

The History and Philosophy of Science (HPS) approach to Science Teaching (ST) supports all national guidelines/requirements. The contributions of HPS to ST have been reported since the late sixties, when Klopfer (1969) argued that, through adequate historical case studies, HS allows the teaching and learning of science and on science. The association of historical case studies with experimentation and testing, art and culture, backed by multimedia materials, approaches science to social sciences and contributes to the improvement of students' argumentative and critical thinking skills (Prestes & Silva, 2018).

### **Methodological issues**

In this work, we will present two multimedia materials: a video about the Galvani-Volta controversy on animal electricity; and a cartoon about Torricelli's biography and his work on the movement of the waters (Torricelli's equation). The 15 minutes video was developed by teacher training students (3 students) whereas the 5 minutes cartoon was created by high school students (5 students) on teacher's supervision, both of which were developed and completed over a two-year period.

They followed a similar methodological structure:

- Search and analysis of historical references: the study of primary and secondary sources (historical case study);
- Design of multimedia materials: the writing of scripts and storyboards;
- Design and elaboration of additional materials: experiments, computer simulation, theatrical performance;
- Training and use of video and cartoon editing software.

Both multimedia materials were designed and planned in a collaborative work with the Research Group in History of Science and Science Teaching (GHCEN)<sup>2</sup> from the State University of Paraiba. Teacher training students and high school students presented their work in fortnightly meetings, discussing with the participants their difficulties, doubts and advances in the video production process.

### **Volta's pile<sup>3</sup>**

The video starts presenting a daily phenomenon based on electricity. The storyteller describes the pile's history from the first experiments using animals and human beings to Volta's pile, invented in 1800 (Martins, 2001). To emphasize the Galvani-Volta controversy and their different assumptions on animal electricity, teacher training students performed a play, simulating historical experiments and social contexts. The students replicated the electrostatic machine, the electrophorus and the pile to explain how the 18<sup>th</sup> century instruments worked (Pancaldi, 1990). In cases where the reproduction of instrument or experiment were not possible, the students either used a computer simulation or looked for another alternative to video to be included in their work<sup>4</sup>. Concerning educational aspects, they chose the popular spoken language in Brazil and modern concept explanations in order to simplify video use and dissemination.

<sup>2</sup> Homepage: <https://ghcenuepb.wixsite.com/ghcen>.

<sup>3</sup> Retrieved from <https://youtu.be/ztOWhDu7yUU>.

<sup>4</sup> All the images were formally requested by the authors.

### **Torricelli's equation<sup>5</sup>**

The video begins with a storyteller presenting the biography of Evangelista Torricelli (1608-1647), covering from his first studies to his work on the movement of waters, which was published in 1644 (*Opera Geometrica*). Guided by the teacher, the students read Torricelli's biography (Gliozzi, 2007) and the Portuguese version of his work (Bistafa, 2014), followed by a debate about the 17<sup>th</sup> century social context to draw the characters and their clothes and actions. Subsequently, they organized the storyboard and learned how to use a specific software to create the cartoon. As part of the storyboarding process, they focused on Galileo's influence on Torricelli's work. Instead of associating an experiment, the importance of geometry on the 17<sup>th</sup> century mechanics induced them to create a mathematical model to explain the parabolic movement. In doing so, they adopted Torricelli's reason to use geometry instead experimental observation.

### **Some considerations**

As part of the process of developing the multimedia materials, the group of students brought various issues and questionings to the meetings. After the text readings, they questioned about the European context during the 17<sup>th</sup> and the 19<sup>th</sup> century (in relation to the cartoon and the video, respectively). They researched daily facts, landscapes and clothing from that time to adapt their scripts and storyboards. In doing so, they made a contrastive analysis of the differences between that period of history and their local reality. Furthermore, they also noticed that the historical case studies seemed completely different from the history described in the textbooks, leading them to raise several questions (e.g. Why only white male Europeans were shown in that history? Which was the role of women in science? Was it possible to adopt a single "history" as the only truth? Why do some characters were not mentioned in that history?) and to discuss them with the other participants of the meetings.

The questionings presented at the meetings and the changing of students' attitudes towards the certainty of science and history indicate that they have made a critical reading of the world. During the multimedia material elaboration, the teacher training students and the high school students went beyond the scientific content, making choices, respecting social and cultural contexts, debating, discussing and reaching a consensus about the content of both the video and cartoon.

Through the historical case studies analyzed, students understood the complexity of science, the use of experiments and mathematical models, the possibility of more than one explanation to a phenomenon and the controversies among scientists. Due to searching and reading the resources, they learned new languages, and for writing the scripts and storyboards and using the selected software, they developed their communicative competence.

Even considering that there is a big gap between thinking about a subject and achieving a critical thinking skill, we assume that the elaboration of the multimedia materials contributed to the students' emancipation, as argued by Freire (2000), for it helped them to become aware of their own social context and learn to argue against historically unquestionable truths. Moreover, they were stimulated to learn multiple skills related to ICT for designing new materials by themselves. Briefly, from Freire's (2000) perspective, the process of elaborating multimedia materials based on the history of science seems to contribute to scientific literacy.

<sup>5</sup> Retrieved from <https://youtu.be/5jKiF-jVFSc>.

## References

- Bistafa, S. R. (2014). A lei de Torricelli  $v=\sqrt{2gh}$ : Uma tradução comentada de sua origem no De Motu Aquarum (Do Movimento das Águas). *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7, 10-119.
- Brasil. (2015). Ministério da Educação e do Desporto. Conselho Nacional de Educação. Diretrizes curriculares para a formação inicial e continuada de professores da Educação básica. Resolução CNE/CP n. 2 de 1/07/2015.
- Chalmers, A.F. (2013). What is this thing called science? 4<sup>th</sup> ed. Hackett Publishing.
- Erduran, S., Osborne, J., Simon, S. (2005). The Role of Argumentation in Developing Scientific Literacy. In: Boersma K., Goedhart M., de Jong O., Eijkelhof H. (eds) *Research and the Quality of Science Education*. Springer, Dordrecht.
- Freire, P. (2000). *Pedagogy of freedom: Ethics, democracy, and civic courage*. 1998. Rowman & Littlefield Publishers.
- Glozzi, M. (2007). Torricelli, Evangelista. In: Gillispie, C.C. (org). *Dicionário de biografias científicas*. Trad, Carlos Almeida Pereira... [et. al]. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Hurd, P. D. (1998). Scientific Literacy: New minds for a changing world. *Science & Education*. Stanford, USA, (82), 407-416.
- Klopfer, L. E. (1969). The teaching of science and the history of science. *Journal of research in science teaching*, 6, (1), 87-95.
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: a conceptual overview. *Science Education*, Hoboken, 84 (1), 71-94.
- Martins, R. A. (2001). Romagnosi and Volta's pile: early difficulties in the interpretation of Voltaic electricity. *Nuova Voltania: Studies on Volta and his Times*, 3, 81-102.
- OECD (2001). *Knowledge and Skills for Life – First results from PISA 2000*. *OECD Publications*, Paris, France.
- OECD (2017). *The OECD Handbook for Innovative Learning Environments*, OECD, Publishing, Paris, France.
- Pancaldi, G. (1990). Electricity and life. Volta's path to the battery. *Historical studies in the physical and biological sciences*, 21 (1), 123-160.
- Prestes, M. E. B., Silva, C. C. (eds.). (2018). *Teaching Science with Context: Historical, Philosophical, and Sociological Approaches*. Switzerland: Springer, vii-xvii.

### **Teaching Critical Thinking in the Physics Classroom: Formative assessment of a content-specific instructional design**

Teaching students the skills that they need for everyday life like Critical Thinking (CT) is the goal of education. So far we have designed a content-specific instruction for high school students grades 11 & 12 to promote students' critical thinking. We have also implemented the instruction as a 4-day workshop at the university. Here we discuss our evaluation methods for assessing the quality of instructional design, focusing on CT skills.

#### **Introduction**

In the National Standards of Physics Education in Germany in the competence area "Bewertung", the students' abilities to compare and evaluate alternative solutions toward a problem and their abilities to apply their knowledge for assessing the risks and chances not only in the specific content of physics but also in everyday life are desired (KMK, 2005). These desired abilities are outcomes of applying various thinking strategies that we define as Critical Thinking (CT). Halpern classifies these thinking strategies as Reasoning, Hypothesis Testing, Argument Analysis, Likelihood and Uncertainty Analysis, and Decision Making and Problem Solving (Halpern, 2014). It is also important to distinguish between general CT skills, which require knowledge of everyday life (Ennis, 1989), and domain-specific CT skills, which require content-specific expertise (McPeck, 1990), e.g., in the domain of particle physics. Despite the importance of teaching CT skills, there are no clear guidelines and principles for designing a content-specific instruction to empower students' CT skills. Therefore, we have posed the following research question:

How can we design a content-specific instruction in particle physics to empower students' general and domain-specific Critical Thinking (CT) skills?

To answer the question, we decided to choose the Design-Based Research (DBR) methodology to develop and optimize our instructional design in an iterative cycle of design-enactment-analysis-redesign (Nieveen, 2010; Puntambekar, Retrieved 2018).

Here, we briefly introduce our design of a content-specific instruction in particle physics and focus on our evaluation methods to assess the quality of instruction and to improve the design.

#### **Design of content-specific instruction**

For designing the instruction, we combined the model of "First Principles of Instruction" (Merrill, 2013; cf. Tiruneh, Weldeslassie, Kassa, Tefera, Cock & Elen, 2015) with our domain-specific interpretation of Halpern's domain-general definition of CT skills (Halpern, 1998; Halpern, 2014). The specific topic of learning modules is antimatter (10 lessons) and the target group is high school students grades 11 & 12.

The model of "First Principles of Instruction" has five clear principles for designing a content-specific instruction: problem-centeredness, activation, demonstration, application, and integration (Merrill, 2013). To fulfill the central principle of problem-centeredness we defined a problem which is related to particle physics and students' everyday lives and also required CT skills. We also defined activities to activate students' prior knowledge and demonstrated them some skills they need to solve the problem. Based on the application principle, the students have been asked to apply their newly acquired knowledge and skills to complete another task which is related to the topic of the course. In the end students have been asked to reflect on what they learned during the course.

For designing an instruction that promotes both students' general and domain-specific CT skills, we focused on Halpern's definition of CT. We used Halpern's classification of thinking strategies, defined some content-related skills in each category and developed corresponding tasks and worksheets to make these skills domain-specific. Furthermore, explicit teaching of general CT skills was designed by defining and illustrating general CT skills and planned to implement within the first course session.

The preliminary content-specific instruction was designed based on the concepts mentioned above (Sadidi & Pospiech, in progress).

### **Criteria for evaluation of instructional design**

To evaluate the quality of our instructional design, we considered the following criteria (Nieveen 2010):

- Relevance (content validity): Is the content of the course based on scientific knowledge?
- Consistency (construct validity): Are the tasks and teaching sequences logically designed?
- Practicality:
  - Expected: Are the tasks and teaching sequences expected to be usable in a real setting?
  - Actual: Are the tasks and teaching sequences usable in the real setting?
- Effectiveness:
  - Expected: Are the tasks and teaching sequences expected to result in the desired outcomes?
  - Actual: Do the tasks and teaching sequences result in the desired outcomes?

To fulfill the expected effectiveness criterion, we developed a Hypothetical Learning Trajectory (HLT) that is made of 3 components: the learning goal, the learning activities and hypothetical learning process (Bakker & Van Eerde, 2014). That gave us a clear picture of what we should look for to assess the actual effectiveness of our instructional design in the implementation stage.

### **Formative evaluation of instructional design**

We use these criteria to evaluate and improve the quality of our instructional design. Here we discuss relevant criteria and evaluation methods for each stage of instructional design.

In the design stage we focus on relevance, consistency, expected practicality and expected effectiveness criteria, while in the implementation stage we evaluate the actual practicality and actual effectiveness of the instructional design.

#### ***Design Stage:***

In the design stage, we used the following methods to evaluate the relevance, consistency, expected practicality and expected effectiveness of the instruction (Nieveen, 2010):

- Screening: The prototypical intervention was designed and discussed intensively in regular meetings with my supervisor.
- Expert appraisal: The intervention was discussed with a group of particle physicists and physics educators at the Technische Universität Dresden.
- Walkthrough: The intervention was implemented as a two-day workshop with 8 physics teacher students in the University College of Teacher Education Vienna (Pädagogische Hochschule Wien).

Based on the feedbacks and comments, the instruction was revised and prepared to be implemented in the first pilot study.

#### ***Implementation Stage:***

So far we have implemented our course as a 4-day workshop at the university with 4 high school students. The Halpern Critical Thinking Assessment (HCTA) was administered as a

pre- and post-test to evaluate actual effectiveness of the instruction in promoting students' general CT skills (Halpern, 2016). Furthermore, video-recording of teaching sequences, audio-recording of students' discussions and students' answers on the worksheets were collected during the lessons. A comparison of the developed HLTs in the design stage with the observed learning trajectories that are inferred from data analysis (Dierdorp, Bakker, Eijkelhof & Maanen, 2011) gave us insight into the actual effectiveness of various activities and designed materials.

To evaluate the actual practicality of the instruction, we defined criteria such as time, level of difficulty and students' level and observed the class during the implementation or after that by watching the video.

As the focus of the study is on promoting both general and domain-specific CT skills, we needed to design a specific test in particle physics that requires applying CT skills. The efforts were made parallel to the design of the instruction to design a Particle Physics Critical Thinking (PPCT) test. The structure of the Halpern Critical Thinking Assessment (HCTA) items was used as a framework for designing the items (*cf.* Tiruneh, De Cock, Weldeclassie & Elen, 2016). Expert reviews and small-scale paper-pencil administration were used to validate the content and the practicality of the test in a real setting (Adams & Wieman, 2010). It was still necessary for us to examine whether the structure of the items is clear and the items evaluate targeted goals. Therefore, we decided to run a cognitive interview (Adams & Wieman, 2010) with the 4 high school students after finishing the workshop, instead of running the PPCT as a post test.

In the next planned pilot study, we will use the PPCT as a post-test to evaluate actual effectiveness of the instructional design in promoting students' domain-specific CT skills.

### **Discussion**

Analysis of the data from the first pilot study based on the criteria mentioned above gives us the reasons for making changes in the design of the instruction to improve its effectiveness and practicality.

Furthermore, data analysis helps us to find out some students' problems toward CT. We assign these problems to 2 main categories: problems dependent on the instructional design and problems independent on the design. Working on the first category helps us to optimize the design, while findings from the second category can be generalized as students' problems toward CT after repeating in the next 2 planned implementations. Moreover, data analysis shows us students' perceptions and misconceptions about particle physics. Taking these into account helps us to design more effective instruction to correct students' false perceptions and avoid misconception.

### **Acknowledgement**

This project is funded by the European Social Fund (ESF) and the Free State of Saxony (100235479).



## References

- Adams, W. K., & Wieman, C. E. (2010). Development and Validation of Instruments to Measure Learning of Expert-Like Thinking. *International Journal of Science Education*, 33(9), 1289-1312. doi:10.1080/09500693.2010.512369
- Bakker, A., & Van Eerde, D. (2014). An Introduction to Design-Based Research with an Example from Statistics Education. In *Approaches to qualitative research in mathematics education: Examples of methodology and methods* (pp. 429-466). Springer.
- Kultusministerkonferenz. (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München: Luchterhand.
- Dierdorff, A., Bakker, A., Eijkelhof, H., & Maanen, J. V. (2011). Authentic Practices as Contexts for Learning to Draw Inferences Beyond Correlated Data. *Mathematical Thinking and Learning*, 13(1-2), 132-151. doi:10.1080/10986065.2011.538294
- Ennis, R. H. (1989). Critical Thinking and Subject Specificity: Clarification and Needed Research. *Educational Researcher*, 18(3), 4. doi:10.2307/1174885
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains. *American Psychologist*, 53(4), 449-455. doi:10.1037//0003-066x.53.4.449
- Halpern, D. F. (2014). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking*. New York: Psychology Press.
- Halpern, D. (2016). *Halpern Critical Thinking Assessment Items and Scoring Procedures*. SCHUHFRIED GmbH.
- Mcpeck, J. E. (1990). Critical Thinking and Subject Specificity: A Reply to Ennis. *Educational Researcher*, 19(4), 10-12. doi:10.3102/0013189x019004010
- Merrill, M. D. (2013). *First principles of instruction: Identifying and designing effective, efficient, and engaging instruction*. San Francisco: Pfeiffer.
- Nieveen, N. (2010). Formative Evaluation in Educational Design Research. In *An Introduction to Educational Design Research* (pp. 89-102). SLO Netherlands institute for curriculum development.
- Puntambekar, S. (n.d.). Design a design-based research. Retrieved April 24, 2018, from <http://isls-naples.psy.lmu.de/intro/all-webinars/puntambekar/index.html>
- Sadidi, F., & Pospiech, G. (2018). *Teaching Critical Thinking in the physics classroom: High-school students think about antimatter*. Manuscript in preparation, GIREP-MPTL 2018 Proceedings.
- Tiruneh, D. T., Weldeclassie, A. G., Kassa, A., Tefera, Z., Cock, M. D., & Elen, J. (2015). Systematic design of a learning environment for domain-specific and domain-general critical thinking skills. *Educational Technology Research and Development*, 64(3), 481-505. doi:10.1007/s11423-015-9417-2
- Tiruneh, D. T., Cock, M. D., Weldeclassie, A. G., Elen, J., & Janssen, R. (2016). Measuring Critical Thinking in Physics: Development and Validation of a Critical Thinking Test in Electricity and Magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 663-682. doi:10.1007/s10763-016-9723-0

### Qualitätskriterien zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Erklärvideos

Online-Plattformen wie YouTube bieten inzwischen Erklärvideos zu nahezu allen Themen der naturwissenschaftlichen Curricula an. Zu den meisten Themen gibt es dabei verschiedene Videos, die zur Auswahl stehen. Befragungen zeigen auch, dass Erklärvideos häufig rezipiert werden, z.B. von Schülerinnen und Schülern zur Prüfungsvorbereitung oder in ihrer Freizeit (Wolf, 2018). Doch auch Lehrkräfte verwenden Erklärvideos. Im *flipped classroom* kann beispielsweise Schülerinnen und Schülern ein Erklärvideo mit nach Hause gegeben und später das erklärte Konzept mit Anschlussaufgaben in der Schule vertieft werden (Bishop & Verleger, 2013). Einige Lehrkräfte produzieren dazu eigene Videos.

Erklärvideos werden ohnehin häufig produziert und stehen online schnell zur Verfügung. Einerseits gibt es große Kanäle wie „TheSimpleClub“, die je nach Inhaltsgebiet leicht um die 500.000 Abonnentinnen und Abonnenten erreichen und ein ökonomisches Interesse an der Verbreitung der Videos haben. Andererseits produzieren auch Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Erklärvideos; die Mehrzahl an Erklärvideos auf YouTube ist nach wie vor von Amateuren bereitgestellt worden.

Wolf und Kulgemeyer (2016) weisen darauf hin, dass die Produktion von Erklärvideos im naturwissenschaftlichen Unterricht ein hohes Potential hat. Um ein gutes Video zu produzieren, werden sowohl Kompetenzen im Bereich des Fachwissens als auch Kommunikationskompetenz benötigt. Die Zielgruppe muss klar umrissen und das Video an diese angepasst werden – dies ist sicherlich ein authentischer Kontext, um Kommunikationskompetenz im Unterricht zu fördern.

Für Videoproduzenten auf Plattformen wie YouTube stellt sich die Frage, welche Kriterien zurate gezogen werden, um ein Video von hoher Qualität zu produzieren. Dabei ist nicht nur die mediale Aufbereitung von Interesse, sondern vor allem auch die didaktische Qualität. Es ist zu vermuten, dass die Darstellung in den Videos in den meisten Fällen eher Alltagskonzepten von Lehren und Lernen folgt. Der deutschsprachige Kanal *TheSimplePhysics* ist ein Beispiel dafür, dass Schülervorstellungen teilweise durch fachlich falsche Darstellungen verstärkt werden können (so im Falle des Videos „Wie bleiben Satelliten am Himmel?“). Eine explizite Ausnahme stellt der englischsprachige Kanal *Veritasium* dar, der vom Physikdidaktiker Derek Muller betrieben wird und teilweise sehr explizit mit Schülervorstellungen umgeht. Muller (2008) hat auch eine der wenigen einschlägigen Studien zu Erklärvideos im Physikunterricht vorgelegt.

Auch für Lehrkräfte ist ein Kriteriensystem, das die Qualität von Erklärvideos reflektiert, hilfreich: sowohl die Auswahl an Videos für den *flipped classroom* als auch die Bewertung von durch Schülerinnen und Schüler produzierte Videos verlangt einen Maßstab.

#### Kriterien zur Bewertung von Online-Erklärvideos

Es stehen prinzipiell zwei Ansätze zur Verfügung, um die Qualität von Erklärvideos zu beurteilen. Es kann sich dem Gegenstand von Seiten des Mediums genähert werden und beispielsweise Bezug zur kognitiven Theorie multimedialen Lernens (Mayer, 2001) genommen werden. Es gibt allerdings durchaus eine Debatte darüber, ob mit dem Ansatz aus der Multimediaforschung Videos geeignet beschrieben werden können (Schroeder & Traxler, 2017). Es kann sich dem Gegenstand allerdings auch von Seiten der Intention solcher Videos genähert werden. Es handelt sich um gefilmte instruktionale Erklärungen und die Kriterien aus der Forschung zur Effektivität instruktionaler Erklärungen können Anwendung finden (z.B. aus Wittwer & Renkl, 2008). Sie können daher vielversprechend

sein, um die Aspekte der Mediengestaltung zu ergänzen. Kulgemeyer (2018) beschreibt ein solches Kriteriensystem für die Zielgruppe Lehrkräfte. Kulgemeyer (eingereicht 1) stellt eine tiefere theoretische Begründung dieses Kriteriensystems vor und beschreibt eine erste empirische Exploration der Wirkungen der Kriterien. In diesem Beitrag wurde eine systematische Literaturanalyse vorgenommen, um das Kriteriensystem zu begründen. An dieser Stelle wird es aus Platzgründen lediglich präsentiert (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Kriterien für die Erklärqualität von Erklärvideos (aus Kulgemeyer, eingereicht 2)

| Kernidee                           | Kriterium                                              | Beschreibung                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adaption                           | Adaption an Vorwissen, Fehlvorstellungen und Interesse | Das Video bezieht sich auf gut beschriebene Eigenschaften einer Adressatengruppe (wahrscheinliches Vorwissen, Interessen, Schülervorstellungen).                                                  |
| Veranschaulichungswerkzeuge nutzen | Beispiele                                              | Das Video nutzt Beispiele, um das Erklärte zu veranschaulichen.                                                                                                                                   |
|                                    | Analogien und Modelle                                  | Das Video nutzt Analogien und Modelle, um die neue Information mit bekannten Wissensbereichen zu verbinden.                                                                                       |
|                                    | Darstellungsformen und Experimente                     | Das Video nutzt Darstellungsformen und Experimente zur Veranschaulichung.                                                                                                                         |
|                                    | Sprachebene                                            | Das Video wählt eine Sprachebene passend zur beschriebenen Adressatengruppe.                                                                                                                      |
|                                    | Mathematisierungsgrad                                  | Das Video wählt einen Mathematisierungsgrad passend zur beschriebenen Adressatengruppe.                                                                                                           |
| Relevanz verdeutlichen             | Prompts zu relevanten Inhalten geben                   | Das Video betont, (a) warum das Erklärte wichtig für die Adressatengruppe ist, und (b) gibt Prompts zu besonders wichtigen Teilen.                                                                |
|                                    | Direkte Ansprache des Adressaten                       | Das Video involviert die Adressaten durch Handlungsaufforderungen und direkte Ansprache (statt unpersönlichem Passiv).                                                                            |
| Struktur geben                     | Regel-Beispiel oder Beispiel-Regel                     | Wenn Fachwissen das Lernziel ist, wird eine Regel-Beispiel-Struktur bevorzugt, bei Routinen eine Beispiel-Regel-Struktur.                                                                         |
|                                    | Zusammenfassungen geben                                | Das Video fasst die wesentlichen Aspekte zusammen.                                                                                                                                                |
| Präzise und kohärent erklären      | Exkurse vermeiden                                      | Das Video fokussiert auf die Kernidee, vermeidet Exkurse und hält den <i>cognitive load</i> gering. Insbesondere verzichtet es auf zu viele Beispiele, Analogien, Modelle oder Zusammenfassungen. |
|                                    | Hohe Kohärenz des Gesagten                             | Das Video verbindet Sätze durch Konnektoren, insbesondere „weil“. Auf Synonyme wird verzichtet.                                                                                                   |
| Konzepte erklären                  | Neues, komplexes Prinzip als Thema                     | Das Video bezieht sich auf ein neues Prinzip, das zu komplex zur Selbsterklärung ist.                                                                                                             |
| In Unterricht einbetten            | Anschließende Lernaufgaben                             | Das Video beschreibt eine Lernaufgabe, mit der das Erklärte selbst vertieft werden kann.                                                                                                          |

Diskutiert werden muss über die Anwendbarkeit der Kernidee „Adaption“. Bei Erklärungen im Unterricht ist es einer Lehrkraft möglich, den Erfolg zu diagnostizieren und den Erkläransatz entsprechend anzupassen. Hier zeigen sich die Beschränkungen des Mediums:

ein Video kann das nicht leisten. Da Adaption als vermutlich wichtigstes Kriterium gelungener Erklärungen aufgefasst wird (Wittwer & Renkl, 2008) zeigt dies auch klar, dass Erklärvideos selbst im Idealfall keinen Unterricht ersetzen könnten.

### **Explorationsstudie zur Wirkung des Kriteriensystems auf Behaltensleistung**

In einer ersten Exploration der Wirkung des Kriteriensystems wurden gezielt zwei Videos erstellt, die Varianz in der Passung zum System aufweisen. Beide Videos erklären die Kurvenfahrt eines Motorrads mithilfe der Mechanik der Kreisbewegung. Beide Videos haben eine ähnliche Länge (etwa 6:30 min) und identische Lerngelegenheiten. Dazu wurden Testitems Passagen des Videos zugeordnet, in denen ihre korrekte Lösung explizit behandelt wird. Bei beiden Videos wies zudem das Skript der Erklärung eine vergleichbare Schwierigkeit hinsichtlich der Lesbarkeit auf (Flesch-Reading-Ease 66 bzw. 67). Ein Video hat allerdings alle Kriterien des Systems gezielt berücksichtigt, während das andere beispielsweise auf eine Variation der Darstellungsformen oder der Beispiele verzichtet hat und die Relevanz des Dargestellten nicht gezielt unterstreicht. Auch beinhaltet dieses Video u.a. keine ergänzende Zusammenfassung. Die Wirkung dieser Videos wurde in einem nicht-randomisierten Zwei-Gruppen-Plan mit Schülerinnen und Schülern aus neunten und zehnten Klassen untersucht. Vorwissen, Alter, Schulstufe und Vornoten unterschieden sich nicht zwischen Versuchs- und Vergleichsgruppe. Getestet wurde deklaratives Wissen, d.h. explizit das Wissen, das in den Videos thematisiert wurde (ein offenes Item mit der Aufforderung, die Erklärung selbst wiederzugeben). Weiterhin wurde transferierbares Wissen getestet (7 Items,  $\alpha = 0,52$ , Inter-Item-Korrelation  $\alpha = 0,16$ ). Es zeigte sich insbesondere, dass Lernende, die das Video mit der hohen Passung zum Kriteriensystem gesehen hatten, im Nachtest signifikant besser im Bereich des deklarativen Wissens abschneiden ( $d = 0,42$ ;  $p < 0,01$ ), aber im Bereich des transferierbaren Konzeptwissens keinen Vorteil hatten ( $d = 0,06$ ; n.s.). Dies steht im Einklang mit der Vermutung, dass für den Erwerb transferierbaren Wissens eine vertiefende Lernaufgabe nach einem Erklärvideo notwendig ist (siehe Kriteriensystem Tabelle 1).

### **Explorationsstudie zur Qualität von YouTube-Videos**

Kulgemeyer und Peters (2016) haben mit einer Adaption des Kriteriensystems Videos bei YouTube in den Bereichen Keplersche Gesetze ( $N = 37$ ) und drittes Newtonsches Axiom ( $N = 15$ ) untersucht. Sie haben zudem quantitative Maße zu den Videos aufgenommen (z.B. Anzahl der Likes, Dislikes, Anzahl der Aufrufe, durchschnittliche Betrachtungsdauer). Außerdem haben sie die Kommentare zu den Videos auf der Plattform analysiert und kategorisiert nach z.B. Kommentaren mit Bezug zum Inhalt oder allgemeinen Bemerkungen. Dabei konnten sie zeigen, dass die Anzahl der in den Videos auftretenden Kriterien (als Maß für die Erklärqualität) nicht mit den Likes oder Dislikes der Videos korreliert – auch nicht bei Kontrolle der Zeit, die das Video bereits online ist. Sie konnten allerdings auch zeigen, dass die Anzahl von Kommentaren zum Inhalt eines Videos bei Videos mit hoher Erklärqualität höher ist als bei schlechten Videos ( $r = 0,38$ ;  $p < 0,01$ ). Dies zeigt, dass die Likes und Dislikes bei Videos kein Maß für die Erklärqualität eines Videos darstellen. Die Vermutung liegt nahe, dass die Popularität eines Kanals oder die mediale Aufbereitung einen hohen Einfluss auf Likes und Dislikes haben. Auch die Anzahl der Aufrufe hat keinen Zusammenhang mit der Erklärqualität. Da die Anzahl der Aufrufe allerdings bei großen Kanälen mit den Einnahmen zusammenhängt, ist es naheliegend, dass Erklärqualität aus kommerziellen Gründen von untergeordneter Bedeutung für große Kanäle ist.

Dies unterstreicht die Notwendigkeit, sich von Seiten der fachdidaktischen Forschung mit Erklärvideos auseinander zu setzen. Das beschriebene Kriteriensystem darf in diesem Kontext nur als Startpunkt angesehen werden.

### Literatur

- Bishop J.L., & Verleger M. (2013). The flipped classroom: a survey of the research. In ASEE National Conference Proceedings (Vol. 30). Atlanta, GA
- Kulgemeyer, C., & Peters, C. (2016). Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. *European Journal of Physics*, 37(6), 1–14.
- Kulgemeyer, C. (2018). Wie gut erklären Erklärvideos? Ein Bewertungsleitfaden. *Computer + Unterricht* 109, 8-11
- Kulgemeyer (eingereicht 1). Erklären im Physikunterricht. In: Girwidz, R., Kircher, E. & Fischer, H. (Hrsg.): *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. Berlin: Springer.
- Kulgemeyer (eingereicht 2). Developing and Exploring a Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Successful Instructional Explanations. *Research in Science Education*. 
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Muller, D. (2008). *Designing Effective Multimedia for Physics Education*. PhD Thesis, School of Physics, University of Sydney, Australia.
- Schroeder, N. L., & Traxler, A. L. (2017). Humanizing instructional videos in physics: When less is more. *Journal of Science Education and Technology*, 26(3), 269–278. 10.1007/s10956-016-9677-6
- Wittwer, J., & Renkl, A. (2008). Why instructional explanations often do not work: A framework for understanding the effectiveness of instructional explanations. *Educational Psychologist*, 43(1), 49–64.
- Wolf, K. (2018). Video statt Lehrkraft? Erklärvideos als didaktisches Element im Unterricht. *Computer + Unterricht*, 109, 4-7.
- Wolf, K. & Kulgemeyer, C. (2016). Lernen mit Videos? Erklärvideos im Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 27(152), S. 36–41.

## Wahrnehmung und Wirksamkeit von Erklärungen im Fach Chemie

### Hintergrund

Gutes Erklären wird nicht nur landläufig als eine zentrale Kompetenz von Lehrkräften erachtet: Bereits in Shulmans Wissenstaxonomie wird eine umfassende Kenntnis domänen- und idealtypischer Erklärungsmuster als wesentliche fachdidaktische Wissensfacette modelliert (Shulman, 1987). Auch wenn diese in zahlreichen Studien zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Lehrkräften wie COACTIV oder FALKO theoretisch berücksichtigt wird (Krauss et al., 2004, 2008, 2017; Kunter, 2011), ist das Konstrukt des Erklärens an sich sowie insbesondere aus naturwissenschaftlicher Sicht bisher wenig erforscht (Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015). Auch in der universitären Ausbildung angehender Lehrkräfte wird die wichtige Fähigkeit, lernförderliche instruktionale Erklärungen zu geben, kaum gezielt gefördert, obgleich ein diesbezüglicher Bedarf längst erkannt und auch in der Berufspraxis mit zunehmender Erfahrung lediglich teilweise zu kompensieren ist (Renkl et al., 2006).

Diese Desiderate greift das Projekt FALKE (Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Erläuern) in einer interdisziplinären Kooperation von zehn Fachdidaktiken, der Grundschulpädagogik, der germanistischen Sprachwissenschaft und der Sprechwissenschaft an der Universität Regensburg auf. Hierzu sollen zentrale Aspekte von Erklärungen im Schulunterricht identifiziert und deren Einfluss auf die wahrgenommene Erklärqualität aus Sicht verschiedener Statusgruppen mit unterschiedlichem Expertisegrad (Schülerinnen und Schüler, Lehramtsstudierende, Lehrkräfte sowie Fachdidaktiker/-innen) untersucht werden. Dabei stehen einerseits in einem transdisziplinär vergleichbaren Design fächerübergreifende Konstrukte wie Strukturiertheit, Adressatenorientierung, sprach- und sprechwissenschaftliche Eigenschaften im Vordergrund. Andererseits werden in jedem Unterrichtsfach zusätzlich domänenspezifische Gesichtspunkte adressiert, welche in diesem Beitrag unter dem Blickwinkel der Chemiedidaktik fokussiert werden.

### Forschungsfragen

- Wird die Qualität einer Erklärung von verschiedenen Statusgruppen (Schüler/-innen, Studierende, Lehrkräfte, Fachdidaktiker/-innen) unterschiedlich eingeschätzt?
- Welche Merkmale sind für diese Einschätzungen maßgeblich?
- Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede gibt es dabei zwischen den Fächern?
- Lassen sich mithilfe der Einschätzungen zur Qualität auch Vorhersagen über die Wirksamkeit einer Erklärung treffen?

### Studiendesign und Methoden

Zunächst wurde auf Basis einer umfassenden Forschungsliteraturrecherche sowie mithilfe einer explorativen Vorstudie eruiert, welche fachspezifischen Aspekte beim Erklären im Chemieunterricht relevant und welche lehrplanbezogenen Themengebiete für deren Untersuchung besonders geeignet sein könnten. Dazu wurden leitfadengestützte Interviews mit Chemielehramtsstudierenden verschiedener Schularten ( $N = 10$ ) und mit erfahrenen Chemielehrkräften ( $N = 10$ ) geführt, um aus der Sicht von angehenden Lehrpersonen wie auch von Experten Qualitätsvorstellungen bezüglich unterrichtsbezogener Erklärungen möglichst heterogen zu erfassen und diese anschließend inhaltsanalytisch qualitativ auszuwerten. Unter anderem ergaben sich daraus die fachspezifisch interessanten

Fragestellungen, inwiefern sich eine konsequente Differenzierung von Stoff- und Teilchenebene bei Erklärungen positiv auf deren Wahrnehmung auswirkt, und ob Erklärungen, die diesem Kriterium genügen, auch besser beurteilt werden und den Lernzuwachs von Schülerinnen und Schülern messbar steigern können.

Zur Datenerhebung wurde ein Onlinefragebogen entwickelt, der an zwei Messzeitpunkten bearbeitet werden sollte (siehe Abbildung 1). Dieser enthält sechs ca. dreiminütige, geskriptete Videovignetten mit monologischen Lehrererklärungen. Je zwei korrespondierende Videovignetten behandeln dabei dasselbe lehrplanbezogene Unterrichtsthema, wobei nur in einem der beiden Videos die Differenzierung von Stoff- und Teilchenebene konsequent umgesetzt wird. Im Folgenden wird diesbezüglich von der „optimierten“ Videoversion gesprochen. Zum ersten Messzeitpunkt sollen die Erklärungen zunächst global auf einer Skala gemäß der Schulnoten 1 bis 6 sowie daraufhin hinsichtlich ihrer sprecherischen Wirkung bewertet werden. Zum zweiten Messzeitpunkt schätzen die Teilnehmer die videographierten Erklärungen jeweils anhand mehrerer mit sechsstufigen Likertskalen versehener Items hinsichtlich der Strukturiertheit, der Adressatenorientierung, sprachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Kriterien ein. Schüler/-innen bearbeiten zusätzlich einen Pre- und Post-Fachwissenstest zu einzelnen Videos, um Aussagen über die Lernwirksamkeit der jeweiligen Videos treffen zu können.

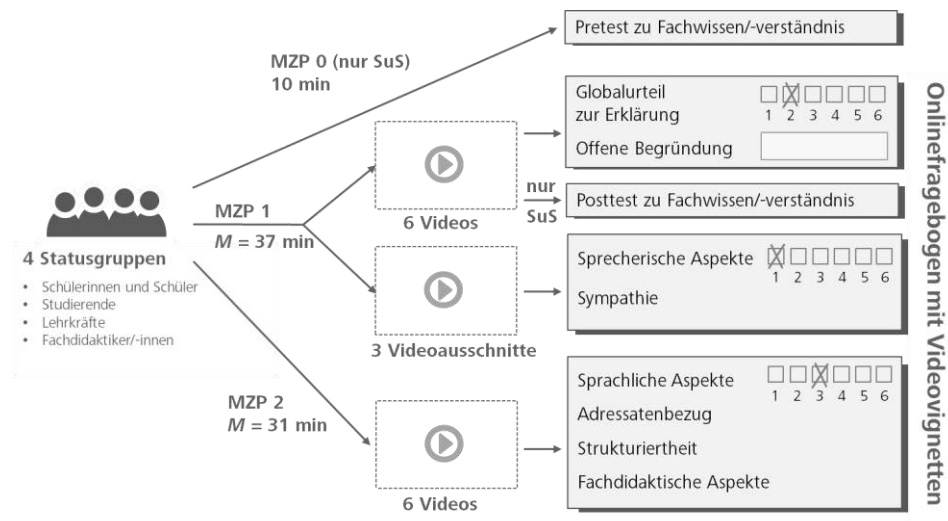


Abb. 1: Überblick über die Hauptstudie

In Pilotierungen mit Vertretern verschiedener Statusgruppen wurde die adressatenspezifische Verständlichkeit wie auch die inhaltliche Passung der Items und Videovignetten überprüft, was zu einzelnen Überarbeitungen führte.

### Stichprobe

Die Erhebung dauert aktuell noch an; die im Folgenden berichteten Ergebnisse beziehen sich auf die bis Anfang September 2018 vorgelegene Stichprobe von insgesamt  $N = 148$  Personen. Diese setzt sich aus 92 Schülerinnen und Schülern, 35 Studierenden des Lehramts Chemie (17w, 18m), 17 Lehrkräften (8w, 9m) sowie vier Didaktiker/-innen (3w, 1m) zusammen, wobei es sich jeweils um Ad-hoc-Stichproben handelt. Die Schülerinnen und Schüler stammen aus insgesamt vier Schulklassen unterschiedlicher Gymnasien in Bayern. Bei den Studierenden handelt es sich um Studierende verschiedener Lehramtsstudiengänge,

die sich zum Zeitpunkt der Befragung im zweiten bis zwölften Fachsemester befanden. Alle befragten Chemielehrkräfte sind an bayerischen Gymnasien und Realschulen tätig. Eine Aufwandsentschädigung für die Teilnahme wurde nicht gewährt.

### Ergebnisse und Diskussion

Die einzelnen Skalen (sprachliche Aspekte, sprecherische Aspekte, Sympathie, Strukturierung, Adressatenbezug und fachdidaktische Aspekte) zeigen teilweise geringe (z. B. sprachliche Aspekte:  $,36 < \alpha < ,57$ ) bis gute (z. B. sprecherische Aspekte:  $,77 < \alpha < ,84$ ) interne Konsistenzen. Die niedrigen internen Konsistenzen einzelner Skalen sind jedoch vertretbar, da die Skalen zugunsten einer möglichst hohen Validität mit dem Ziel entwickelt wurden, die deduktiv gebildeten Konstrukte mit wenigen Items möglichst breit abzudecken. Die Reliabilitäten der Skalen der fachdidaktischen Aspekte liegen im Bereich von  $,53 < \alpha < ,74$ .

Die deskriptiven Statistiken (siehe Tabelle 1) zeigen, dass bei den Videopaaren A/B und C/D das jeweils optimierte Video besser bewertet wird, bei E/F ist das Gegenteil der Fall. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Videos sind jedoch nicht signifikant, sodass dies nur ein erster Anhaltspunkt sein kann. Es finden sich zudem bei einem Video signifikante Unterschiede bei der Bewertung durch verschiedene Statusgruppen (Video D: Vergleich Schüler/-innen mit Studierenden).

| Statusgruppe               | Video A<br>M (SD) | Video B<br>M (SD) | Video C<br>M (SD) | Video D<br>M (SD) | Video E<br>M (SD) | Video F<br>M (SD) |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| SchülerInnen<br>(N = 92)   | 1,90<br>(0,86)    | 1,89<br>(0,82)    | 1,89<br>(0,91)    | 2,09<br>(0,90)    | 1,85<br>(0,87)    | 1,99<br>(0,98)    |
| Studierende<br>(N = 35)    | 1,99<br>(1,08)    | 1,93<br>(0,85)    | 1,89<br>(0,82)    | 1,57<br>(0,49)    | 1,59<br>(0,68)    | 1,87<br>(0,95)    |
| Lehrkräfte<br>(N = 17)     | 1,82<br>(0,77)    | 1,68<br>(0,44)    | 2,45<br>(0,91)    | 2,16<br>(0,59)    | 2,12<br>(0,59)    | 2,58<br>(0,77)    |
| DidaktikerInnen<br>(N = 4) | 2,40<br>(1,54)    | 0,92<br>(0,29)    | 2,15<br>(1,14)    | 1,67<br>(1,16)    | 1,58<br>(0,76)    | 1,85<br>(0,70)    |

Tab. 1: deskriptive Statistiken

Bei der Auswertung des Schüler-Wissenstests zeigt sich, dass die Schüler/-innen bei allen drei unterschiedlichen Themenbereichen einen signifikanten Wissenszuwachs durch das Ansehen der Videos erzielen. Es finden sich jeweils keine signifikanten Unterschiede beim Wissenszuwachs zwischen den beiden Videoversionen. Die Hypothese, dass der Wissenszuwachs der Schüler/-innen durch das Ansehen der optimierten Videoversion größer ist, kann bislang nicht bestätigt werden.

Mithilfe eines hierarchischen linearen Regressionsmodells unter Berücksichtigung der nach Personen und Videos strukturierten Daten zeigen sich signifikante Zusammenhänge mit dem gegebenen Globalurteil jeweils für die Skalen Adressatenbezug ( $b = 0,20$ ;  $p \leq ,01$ ), Fachdidaktik ( $b = 0,14$ ;  $p \leq ,01$ ) und Sympathie ( $b = 0,26$ ;  $p \leq ,01$ ). Eine Auswertung, die die Statusgruppen separat betrachtet, steht noch aus. Zudem sollen die deduktiv entwickelten Skalen mithilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse überprüft und wenn nötig angepasst werden.



### Literatur

- Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Jordan, A. & Löwen, K. (2004). COACTIV. Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung, 31-53.
- Krauss, S., Lindl, A., Schilcher, A., Fricke, M., Göhring, A., Hofmann, B. et al. (Hrsg.). (2017). FALKO - fachspezifische Lehrerkompetenzen. Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik: mit neuen Daten aus der COACTIV-Studie. Münster: Waxmann.
- Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematikdidaktik*, 29 (3), 223-258.
- Kulgemeyer, C. & Tomczyszyn, E. (2015). Physik erklären – Messung der Erklärensfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 111-126.
- Kunter, M. (Hrsg.). (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann.
- Merzyn, G. (2013). Guter Chemieunterricht. Die Sicht von Schülern, Lehrern, Wissenschaftlern. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 62 (1), 37-42.
- Renkl, A., Wittwer, J., Große, C., Hauser, S., Hilbert, T., Nückles, M. & Schworm, S. (2006). Instruktionale Erklärungen beim Erwerb kognitiver Fertigkeiten. sechs Thesen zu einer oft vergeblichen Bemühung. In I. Hosenfeld & F.-W. Schrader (Hrsg.), *Schulische Leistung. Grundlagen, Bedingungen, Perspektiven* (S. 203-223). Münster: Waxmann.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Vogt, R. (2009). Die Organisation von Erklärprozessen im Unterricht. In R. Vogt (Hrsg.), *Erklären. Gesprächsanalytische und fachdidaktische Perspektiven* (Stauffenburg Linguistik, Bd. 52, S. 203-225). Tübingen: Stauffenburg-Verlag.

## Einflussfaktoren beim Lösen physikalischer Aufgaben

### Hintergrund

Das Lösen von Aufgaben oder Problemen ist ein wichtiger Anteil des Physikunterrichts, da es dazu beitragen kann, theoretische Inhalte zu festigen, Mathematisierungen und Modellbildung zu üben sowie die Theorie mit der Realität zu verknüpfen (vgl. Hopf et al., 2011; Fischer und Draxler, 2001; Kühn, 2011). Dabei sind verschiedene Faktoren bekannt, die einen Einfluss auf die Leistung im Problemlöseprozess haben können. Dazu scheinen insbesondere das Fachwissen, das Selbstkonzept (z.B. Brandenburger, 2016) sowie die kognitiven Fähigkeiten (z.B. Löffler, 2016) zu zählen. Daneben gibt es Hinweise auf mögliche Einflüsse aufgabenbezogener Variablen wie der Textschwierigkeit, bzw. -länge oder der Authentizität (vgl. Kuhn, 2010; Prenzel et al., 2002).

Obwohl sich eine große Anzahl von Studien mit der Untersuchung solcher Einflussfaktoren befasst, kann häufig nur ein geringer Teil der Varianz der Leistung im Lösungsprozess erklärt werden (bspw.: 25% in Brandenburger, 2016). Dieser Befund deutet darauf hin, dass es bedeutsame Mechanismen zu geben scheint, die in den bisherigen Untersuchungen nicht erfasst wurden. Sowohl mit Blick auf die personenbezogenen als auch die aufgabenbezogenen Faktoren, scheint die Cognitive Load Theory (z.B.: Schnotz et al., 2007) einen sinnvollen Rahmen zu bieten, diese Einflüsse näher zu untersuchen. So kann beispielsweise davon ausgegangen werden, dass ein erhöhtes Fachwissen sich in einer Reduktion der kognitiven Belastung äußern und sich darüber positiv auf die Leistung auswirken kann (Mediation; vgl. Nesbit et al., 2006). Zudem weist Paas (1992) auf die Bedeutung der aktuellen Motivation bei der Messung der kognitiven Belastung hin, die daher ebenso erfasst werden sollte.

### Forschungsfragen und Design

Es werden folgende Forschungsfragen untersucht:

F1: Lassen sich theoretisch vorhergesagte, bzw. bereits bekannte Einflüsse von zentralen Variablen auf die Leistung im Lösungsprozess empirisch nachweisen (vgl. Tab. 2)?

F2: Lassen sich die kognitive Belastung und die aktuelle Motivation in ihrer vorhergesagten Mediationsrolle bestätigen?

|                           |                       |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Textschwierigkeit niedrig | Gruppe 1<br>(215 SuS) | Gruppe 3<br>(207 SuS) | An der Studie nahmen 918 Schülerinnen (465) und Schüler (407) aus 37 Klassen der Jahrgangsstufen 7 bis 10 im Alter von 12 bis 18 Jahren an Gymnasien und Integrierten Gesamtschulen in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen teil. In jeder Schulklasse gab es zwei Termine à 45 min, zwischen denen genau eine Woche Zeit lag. Während beim ersten Termin für den Lösungsprozess relevante personenbezogene Variablen erhoben wurden (vgl. Tab. 2), erfolgte beim zweiten Termin die eigentliche Erhebung. Hier wurden die Teilnehmenden klassenweise in vier Gruppen entsprechend der Ausprägungen der Aufgabenvariablen Textschwierigkeit und Authentizität eingeteilt (vgl. Tab. 1). Eine hohe Textschwierigkeit zeichnet sich unter anderem durch |
| Textschwierigkeit hoch    | Gruppe 2<br>(215 SuS) | Gruppe 4<br>(222 SuS) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                           | traditionell          | authentisch           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Tab. 1 Gruppen beim II. Termin

einen höheren Lesbarkeitsindex sowie einer größeren Textlänge des Aufgabentextes aus.

Diese Zuteilung erfolgte im Rahmen einer Blockrandomisierung mit Nebenbedingung, so dass Unterschiede in den kontrollierten Variablen zwischen den vier Bedingungen und damit Verzerrungen bei der Schätzung der Stärke der Einflüsse unwahrscheinlich werden. Die vier Materialversionen des zweiten Termins basieren auf einem Online-Artikel (Haack, 2016), der das Finale der olympischen Schwimm-Wettkämpfe im Jahre 2016 thematisiert. Die vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf eine Aufgabe, bei der die Durchschnittsgeschwindigkeiten der erwähnten Sportler berechnet werden sollen.

| Skala/Variable                                 | Ter-<br>min | Items | Gütekriterien <sup>1</sup>                                        | Quelle                                                                    |
|------------------------------------------------|-------------|-------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Abhängige Variable                             |             |       |                                                                   |                                                                           |
| Leistung (nach Manual)                         | II          | 31    | $\alpha_K = [0,80;1]$<br>$\rho_{LL} = 0,70$<br>$\rho_{LM} = 0,78$ | Eigenentwicklung                                                          |
| Mögliche Mediatorvariablen                     |             |       |                                                                   |                                                                           |
| Kognitive Belastung                            | II          | 3     | $\alpha_C = 0,89$                                                 | Paas, 1992; Ayres, 2006;<br>Kalyuga et al., 1999;<br>Maynard et al., 1997 |
| Aktuelle Motivation                            | II          | 3     | $\alpha_C = 0,80$                                                 |                                                                           |
| Unabhängige Variablen                          |             |       |                                                                   |                                                                           |
| Authentizität                                  | II          | -     | -                                                                 | z.B. vgl. Henning, 2014                                                   |
| Textschwierigkeit                              | II          | -     | -                                                                 | -                                                                         |
| Geschlecht                                     | I           | 1     | -                                                                 | -                                                                         |
| Alter                                          | I           | 1     | -                                                                 | -                                                                         |
| Fachwissen (gleichför-<br>mige Bewegung)       | I           | 12    | EAP Reliabi-<br>lität: 0,71                                       | Eigenentwicklung                                                          |
| Motivation                                     | I           | 8     | $\alpha_C = 0,92$                                                 | verändert aus Kuhn,<br>2010                                               |
| Selbstkonzept                                  | I           | 6     | $\alpha_C = 0,88$                                                 |                                                                           |
| Alltagsbezug Unterricht                        | I           | 8     | $\alpha_C = 0,92$                                                 |                                                                           |
| Kognitiver Fähigkeits-<br>Test (V3)            | I           | 20    | $\alpha_C = 0,75$                                                 | Heller et al., 2000                                                       |
| Leseverständnis                                | I           | 23    | 0,51                                                              | Schlagmüller et al., 2007                                                 |
| Lesegeschwindigkeit                            | I           | 1     | -                                                                 |                                                                           |
| Noten in Mathematik,<br>Physik, Deutsch, Sport | I           | je 1  | -                                                                 | -                                                                         |
| Anzahl der Bücher                              | I           | 1     | -                                                                 | -                                                                         |

Tab. 2: Überblick über das Studiendesign und Variablen.

Mit Ausnahme des Fachwissenstests handelt es sich bei allen Instrumenten um Skalen, die sich bereits in diversen Studien bewährt haben. Der raschskalierte Fachwissenstest scheint

<sup>1</sup>  $\alpha_C$ : Cronbachs Alpha (Reliabilität);  $\alpha_K$ : Krippendorffs Alpha dreier Beurteilender, die >12% der Daten unabhängig und mit Hilfe des Manuals bewerteten, je Item (Objektivität);  $\rho_{LM}$  Mittelwert der Spearman Korrelationen zwischen fünf bewertenden Lehrpersonen und der manualbasierten Bewertung;  $\rho_{LL}$ : Mittelwert der Spearman Korrelationen zwischen den individuellen Bewertungen der Lehrkräfte (Validität).

nach Adams (2002) Rasch-homogen zu sein (vgl. Jaeger et al., 2018). Mit Hilfe des Manuals lässt sich die Leistung hinreichend objektiv erfassen. Für die ökologische Validität der Bewertungen anhand des Manuals spricht, dass die Bewertungen von Lehrkräften untereinander im Mittel nicht stärker zusammenhängen, als dies bei den individuellen Bewertungen der Lehrkräfte mit den manualbasierten Bewertungen der Fall ist (vgl. Tab. 2).

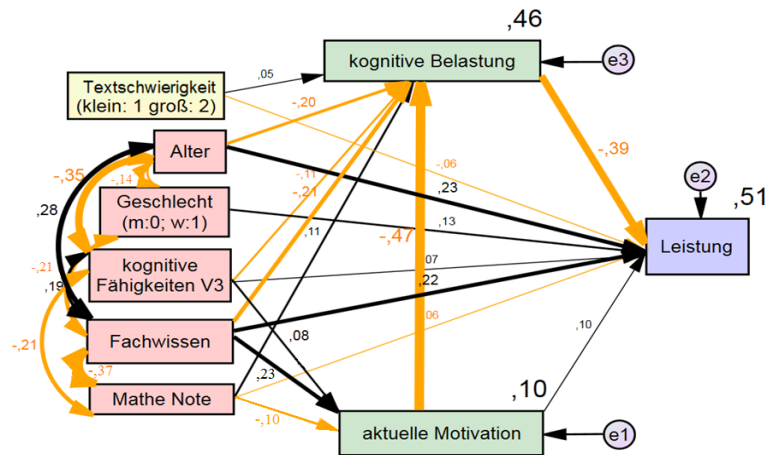


Abb. 1 Pfadmodell<sup>2</sup> der untersuchten Variablen.

### Ergebnisse

Vor der Auswertung der Ergebnisse wurde untersucht, inwieweit sich die vier Gruppen in zentralen Variablen unterscheiden. Die zugehörige MANOVA testet auf Unterschiede der vier Gruppen in den betrachteten 14 personenbezogenen Variablen aus Tab. 2 und weist darauf hin, dass die Kontrolle im hohen Maße gelungen ist<sup>3</sup>.

In Abb. 1 werden aus Gründen der besseren Übersicht nur Pfade berücksichtigt, die einen signifikanten, direkten Einfluss auf die Leistung im Lösungsprozess haben. Das so gebildete Pfadmodell zeichnet sich durch sehr gute Fitwerte aus, sodass davon ausgegangen werden kann, dass das Modell die Daten der Stichprobe gut wiedergibt ( $\chi^2 = 7,54$ ;  $\chi^2/df = 0,63$ ;  $N = 918$ ;  $NFI = 0,97$ ;  $CFI = 1,00$ ;  $RMSEA = 0,00^4$ ). Es zeigt sich, dass die Authentizität hier keinen direkten Einfluss ausübt. Es können bekannte Einflussfaktoren bestätigt und die kognitive Belastung als ein wichtiger Prädiktor der Leistung und Mediator anderer Einflüsse im Lösungsprozess modelliert werden. So gehen beispielsweise mit der Erhöhung der Textschwierigkeit eine Erhöhung der kognitiven Belastung und eine Reduktion der Leistung einher. Erstaunlicherweise lässt sich für das Leseverständnis im Modell sowie andere in Abb.1 fehlende Variablen aus Tab. 2 kein direkter Einfluss auf die Leistung nachweisen. Insgesamt erklären die eingezeichneten Variablen jedoch 51% der Varianz der Leistung.

Die Ergebnisse legen nahe, dass der kognitiven Belastung eine bedeutende Rolle im Lösungsprozess zukommt. Sowohl für personen- als auch für aufgabenbezogene Variablen scheint sie eine wichtige Mediationsfunktion einzunehmen. Dies deutet darauf hin, dass sie in Folgeuntersuchungen zu Lösungs- und Lernprozessen stärker in den Fokus rücken sollte.

<sup>2</sup> Es handelt sich um standardisierte  $\beta$ -Koeffizienten oder Pearson-Korrelationen. Die Pfeildicke skaliert mit der Größe des Effekts. Orange, bzw. helle Pfade repräsentieren negative Einflüsse. Rote Variablen: personenbezogen; gelbe Variable: aufgabenbezogen; grüne Variable: Mediatorvariablen. e1 bis e3 beschreiben den für die abhängigen Variablen modellierten Fehlerterm (vgl. Weiber & Mülhhaus, 2010, S.8).

<sup>3</sup> So sind die statistisch bedeutsamsten Unterschiede, die sich zwischen den authentischen und traditionellen Formaten befinden, weit vom üblichen Signifikanzniveau entfernt:  $V = 0,01$ ;  $F(14,773) = 0,45$ ;  $p = 0,96$ .

<sup>4</sup> Die Werte sind auf zwei Nachkommastellen gerundet. Beispielsweise ist der RMSEA nicht exakt Null.

## Literatur

- Adams, R. (2002). Scaling PISA cognitive data. In R. Adams & M. Wu (Hrsg.), PISA 2000 technical report (S.99-108). Paris: OECD.
- Ayres, Paul (2006). Using subjective measures to detect variations of intrinsic cognitive load within problems. In: *Learning and Instruction* 16 (5), S. 389–400. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2006.09.001.
- Bennett, J., Lubben, F., Hogarth, S. (2007). Bringing Science to life. A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. In *Sci. Ed.* 91 (3), S. 347-370.
- Ayres, Paul (2006). Using subjective measures to detect variations of intrinsic cognitive load within problems. In: *Learning and Instruction* 16 (5), S. 389–400. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2006.09.001.
- Bennett, J., Lubben, F., Hogarth, S. (2007). Bringing Science to life. A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. In *Sci. Ed.* 91 (3), S. 347-370.
- Brandenburger, M. (2016). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?. Eine Untersuchung mit Studierenden. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 218. Logos Verlag Berlin.
- Haack, Melanie (2016). Michael Phelps: Kurioses Olympiafinale der Geschichte - WELT. Online verfügbar unter <https://www.welt.de/sport/olympia/article157647659/Das-kurioseste-Olympiafinale-der-Geschichte.html>, zuletzt aktualisiert am 01.01.2016, zuletzt geprüft am 13.07.2018.
- Heller, K., Perleth, C. (2000). KFT 4-12+R, Kognitiver Fähigkeiten-Test für 4. Bis 12. Klassen; Revision-Materialien-Koffer. Göttingen: Beltz Test.
- Henning, Teresa (2014). Empirische Untersuchung kontextorientierter Lernumgebungen in der Hochschuldidaktik. Entwicklung und Evaluation kontextorientierter Aufgaben in der Studieneingangsphase für Fach- und Nebenfachstudierende der Physik. Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2014. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 172).
- Hopf, M., Schecker, H., Wiesner, H. (2011). Physikdidaktik kompakt. Aulis Verlag.
- Jaeger, Dennis; Franz, Torsten; Müller, Rainer (2018). Cognitive Load und authentische Probleme. In: Christian Maurer (Hg.): *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*. Universität Regensburg, Gesellschaft für Didaktik der. Regensburg (38), S. 687–690. Online verfügbar unter [http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP\\_Band38.pdf](http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band38.pdf).
- Kalyuga, S., Chandler, P., Sweller, J. (1999). Managing Split-attention and Redundancy in Multimedia Instruction. *Applied Cognitive Psychology*, (13), 351-371.
- Kuensting, J. (2007). Effekte von Zielqualität und Zielspezifität auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen durch Experimentieren. Dissertation Universität Duisburg-Essen. Fachbereich Bildungswissenschaften.
- Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Kuhn, J., Müller, A., Müller, W., Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht. Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. *PdN-PhiS* 5/59.
- Löffler, P. (2016). Modellanwendung in Problemlöseaufgaben. Wie wirkt Kontext?. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 205. Logos Verlag Berlin.
- Maynard, D. C., Hakel, M. D. (1997). Effects of objective and subjective task complexity on performance. *Human Performance*, 10(4), 303-330.
- Müller, R. (2006). Physik in interessanten Kontexten. Handreichung für die Unterrichtsentwicklung.
- Nesbit, J.C., Hadwin, A.F. (2006). *Handbook of Educational Psychology. Methodological Issues in Educational Psychology*. Routledge.
- Paas, F. (1992). Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive Load Approach. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 84, No. 4, 429-434.
- Prenzel, Manfred; Häußler, Peter; Rost, Jürgen; Senkbeil, Martin (2002). Der PISA-Naturwissenschaftstest: Lassen sich die Aufgabenschwierigkeiten vorhersagen? In: *Unterrichtswissenschaft Zeitschrift für Lernforschung* 30 (1), S. 120–135.
- Reinhold, P., Lind G. & Friege G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. In: *ZfDN* 5 (1), S. 41-62.
- Schlagmüller, M., Ennemoser, M., Schneider, W. (2007). LGVT 6-12 Lesegeschwindigkeits- und verständnistest für die Klassen 6-12.
- Schnotz, W., Kürschner, C. (2007). A Reconsideration of Cognitive Load Theory. *Educational Psychology Review*, 19 (4), 469-508.
- Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer New York Dordrecht Heidelberg London.
- Weiber, Rolf; Mühlhaus, Daniel (2010): *Strukturgleichungsmodellierung. Eine anwendungsorientierte Einführung in die Kausalanalyse mit Hilfe von AMOS, SmartPLS und SPSS* ; [Extras im Web. Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch).

## **Feldstudie mit optischen Blackboxen im Productive Failure Ansatz**

### **Theoretischer Hintergrund**

Der Productive Failure Ansatz (PFA) von Manu Kapur (u.a. Kapur, 2012) stellt Schülerinnen und Schülern (SuS) Lernanlässe in einer für sie noch unbekannten Situation zur Verfügung. Diese Anlässe sind im Allgemeinen so gewählt, dass sie die zugehörigen Aufgaben mit ihrem bisherigen Kenntnisstand nicht oder nicht vollends lösen können, ein Scheitern ist demnach beabsichtigt. Bei dieser eigenständigen Auseinandersetzung erzeugen SuS dennoch Lösungsansätze (sogenannte Präkonzepte), die aber meist fehlerhaft sind und nicht der formal intendierten Norm entsprechen. Erst im Anschluss bekommen sie das für die Aufgabenbearbeitung notwendige Wissen vermittelt, dabei werden auch die typischen Präkonzepte der SuS genutzt. Letztlich erlangen sie mit diesem PFA bessere Lernergebnisse, im Vergleich zur Direkten Instruktion (DI), bei der die Aufgabenbearbeitung erst nach einer Instruktion erfolgt (Kapur & Bielaczyc, 2012; Loibl & Rummel, 2014).

Diese positiven Lernergebnisse werden durch drei Wirkmechanismen begründet (Loibl, Roll & Rummel, 2016):

- Durch die Aktivierung und Differenzierung von Vorwissen, denn Lernen findet dann statt, wenn das neue Wissen in vorhandene Wissensstrukturen eingebunden werden kann (Sweller et al., 1998).
- Durch das Bewusstsein von Wissenslücken, denn SuS verarbeiten kanonische Lösungen besser, wenn sie sich ihrer Wissenslücken (VanLehn, 1999) und Sackgassen (Chi, 2000) bewusst werden.
- Durch die Erkennung der Tiefenstruktur, in diesem Fall durch einen Vergleich mit typischen Schülerfehlern (Kapur & Bielaczyc, 2012).

Dieser PFA wurde bislang überwiegend in der Mathematik und am Ende des Sekundarbereichs I repliziert und ist nun in die Physik adaptiert worden. Als Aufgabentyp wurde dabei die experimentelle Untersuchung optischer Blackboxen genutzt. Bei Blackbox-Experimenten ist die innere Struktur nicht zugänglich und kann lediglich aufgrund der Betrachtung des Input-Output-Verhaltens erschlossen werden (Fischer, 1971). Der unterrichtliche Einsatz kann auf unterschiedliche Weisen erfolgen, beispielsweise zur Erarbeitung von Aspekten der „Natur der Naturwissenschaften“ (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998) oder im Bereich der Lernerfolgsmessung (Berge & Volkmer, 2002). In Wettbewerben wird dieser Aufgabentyp bereits länger eingesetzt, in der Schule bisher eher weniger. Mittlerweile liegen speziell für optische Blackboxen (vgl. Abb. 1) Vorschläge zur Gestaltung (Friege & Rode 2015) und dem Einsatz (Rode & Friege 2017) in der schulischen Praxis vor.

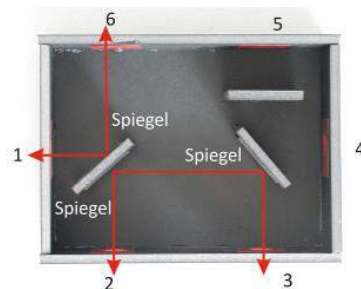


Abb. 1: Beispielstruktur einer optischen Blackbox

Empirischen Befunde von Rode (Rode, 2016) zeigen, dass optische Blackbox-Experimente in den Jahrgängen 5/6 ein interessanter Unterrichtsgegenstand mit angemessenem Schwierigkeitsgrad sind. SuS arbeiten ausdauernd mit den Blackboxen und erleben den Umgang mit den Experimenten als positiv und interessant.

### Durchgeführte Vorstudien

Zwei Vorstudien in insgesamt fünf Klassen der Jahrgangsstufe 6 haben ergeben, dass SuS ohne vorherige Instruktionen mehrheitlich bei der Bearbeitung scheitern (vgl. Abb. 3), aber verschiedene fehlerhafte Lösungsansätze (Präkonzepte) generieren. Diese typischen Schülerfehler können in einer anschließenden Instruktionsphase im Rahmen des PFA genutzt werden.

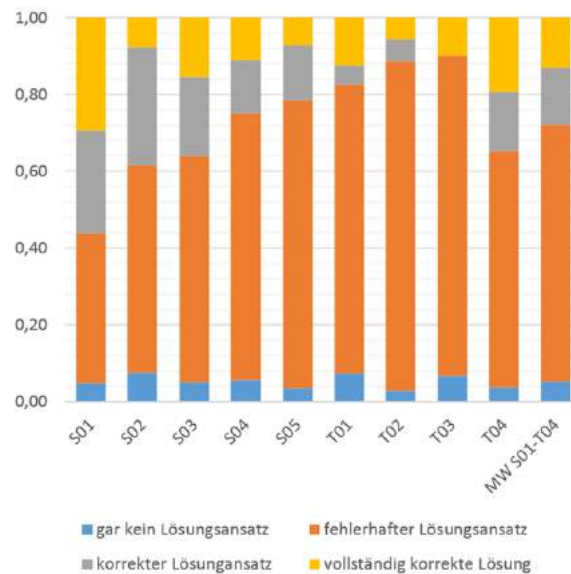


Abb. 2: relative Lösungshäufigkeiten für die einzelnen Blackboxen (und Mittelwert)

### Untersuchungsdesign und Hauptstudie

Die Feldstudie fand im Jahrgang 6 in zwei Doppelstunden (à 90 Minuten) im laufenden Physikunterricht in 19 verschiedenen Klassen (N=494) im Themenbereich Optik an acht Gymnasien in der Region Hannover statt mit den zwei Instruktionsansätzen PFA und DI. Die Instruktionen an die SuS erfolgten über vorbereitete Präsentationen, zusätzlich gab es ein ergänzendes Lehrerskript. Die Bearbeitung der Blackboxen erfolgte soweit möglich in geschlechtshomogenen Zweiergruppen.

Neben dem Fachwissen wurden in der Hauptstudie auch affektive Konstrukte über entsprechend angepasste bekannte Skalen kontrolliert, beispielsweise der Flow als das Aufgehen in der Tätigkeit (Mézès et al., 2012), die Erfolgszuversicht (Hoffmann et al., 1998) und das allgemeine Interesse an Physik (Winkelmann, 2015). Zum Vergleich der beiden Ansätze wurden zusätzlich noch die Verständlichkeit (Engeln, 2004) und der Cognitive Load mit der mentalen Belastung (mental load) und der geistige Anstrengung (mental effort) untersucht (Krell, 2015).

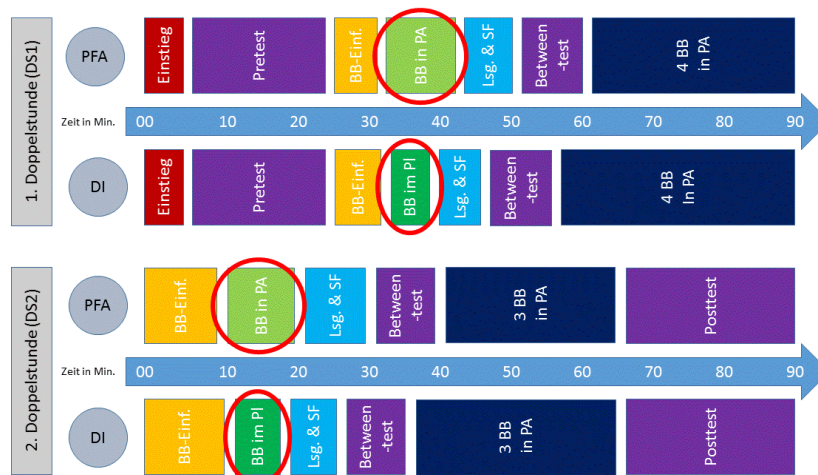


Abb. 2: Studiendesign – zeitlicher Ablauf

Ergänzend zu den Blackboxen in der ersten Doppelstunde (DS1) mit Lichtblocker, Spiegel und Doppelspiegel waren in der zweiten Doppelstunde (DS2) ergänzend auch Lichtteiler enthalten. Beide Ansätze unterschieden sich nicht inhaltlich sondern lediglich bezüglich der Unterrichtsorganisation. Nach einer kurzen Einführung in die Arbeit mit Blackboxen wurde beim PFA die Bearbeitung der jeweils ersten Box in Partnerarbeit [BB in PA] durchgeführt, bei der DI erfolgte dies mit Hilfe von präsentierten Fotos im Plenum [BB im Pl]. Anschließend erfolgte bei beiden Ansätzen eine allgemeine Auflösung mit Hinweisen auf typische Schülerfehler.

### Zusammenfassende Ergebnisse

SuS im PFA erreichen (gegenüber der DI) vergleichbare Ergebnisse bei den Blackbox-Bearbeitungen und beim Fachwissen bei ähnlich hoher Motivation, trauen sich bereits hoch signifikant früher an die eigenständige experimentelle Bearbeitung der Blackboxen bei insgesamt hoch signifikant geringerer geistiger Anstrengung und mentaler Belastung. Sechs Wochen später erinnern sie sich zudem signifikant besser an die Bearbeitung der Blackboxen bei dann besserem Fachwissen.

### Ausblick

Eine Unterscheidung zwischen Einzel- und Gruppenarbeit steht ebenso aus wie mögliche Klassen- und Gendereffekte. Dabei sollen dann auch die exakten Signifikanzen und Effektstärken angegeben werden.



### Literatur

- Berge, O. E. & Volkmer, M. (2002): Lernerfolgskontrolle mit Experimenten – Didaktische Aspekte. In: Unterricht Physik, 71/72, S. 4 – 8
- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: the dual processes of generating inferences and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology*, S. 161–238)
- Engeln, K. (2004): Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken
- Fischer, H. (1971): Die Black-Box-Methode im Unterricht. In: *Physik in der Schule* 9, S. 119 – 125
- Friege, G. & Rode, H. (2015): Optische Blackbox-Experimente im Anfangsunterricht Physik. In: *PdN Physik in der Schule*, 5/64, S. 38 – 42
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998): Die IPN-Interessenstudie Physik
- Kapur, M. (2012). Productive failure in learning the concept of variance. *Instructional Science*, 40(4)
- Kapur, M. und Bielaczyc, K. (2012): Designing for Productive Failure. In: *Journal of the Learning Sciences*, 21(1)
- Krell, M. (2015): Evaluating an instrument to measure mental load and mental effort using Item Response Theory. *Science Education Review Letters* 1
- Lederman, N. & Abd-El-Khalick, F. (1998): Avoiding DeNatured Science: Activities that promote Understandings of the Nature of Science. In: *The Nature of Science in Science Education*, S. 83 – 126
- Mezés, C., Erb, R. & Schröter, E. (2012): Der Einfluss von Videoexperimentieranleitungen auf die Motivation von Schülerinnen und Schülern. In: *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* 11(1)
- Loibl, K., Roll, I., & Rummel, N. (2016): Towards a Theory of When and How Problem Solving Followed by Instruction Supports Learning. *Educational Psychology Review*, 26(4)
- Loibl, K. & Rummel, N. (2014): Knowing what you don't know makes failure productive. *Learning and Instruction* 34
- Rode, H. (2016): Prototypen evidenzbasierten Physikunterrichts
- Rode, H. & Friege, G. (2017): Nine optical black-box experiments for lower-secondary students. In: *Physics Education* 52
- Sweller, J., van Merriënboer & Paas, F. (1998): Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3)
- VanLehn, K. (1999). Rule learning events in the acquisition of a complex skill: an evaluation of cascade. *The Journal of the Learning Sciences*, 8(1), 71–125.
- Winkelmann, J. (2015): Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf die affektiven Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht

Jirka Müller<sup>1</sup>  
 Uta Magdanz<sup>1</sup>  
 Micol Allemanni<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Potsdam

### Flow-Empfinden beim Experimentieren in der Physik zur Überprüfung des Quadrantenmodells

Flow wird in populärwissenschaftlichen Beiträgen häufig mit „der Weg zum Glück“ (Csíkszentmihályi, 2012, Titel) umschrieben und gilt als eine Ursache für Motivation (Csíkszentmihályi, 2014b; Rheinberg, 2010). So unbeliebt wie Physikunterricht ist (IPN Interessensstudie, 1998; PISA, 2015), scheint die Beschäftigung mit Physik auf den ersten Blick nicht zu diesen Tätigkeiten zu zählen. Bei näherer Betrachtung der Merkmale von Flow-Empfinden (Csíkszentmihályi, 2014b) ist jedoch festzustellen, dass Lernende beim selbstständigen Experimentieren das Zeitgefühl verlieren und das Experimentieren als glatt erleben können. Rheinberg et al. (2003) definieren flow-Erleben als „das gänzliche Aufgehen in einer glatt laufenden Tätigkeit, die man trotz hoher Beanspruchung noch unter Kontrolle hat“. Um die Beschäftigung mit Physik positiv zu konnotieren und langfristig Motivation für den Physikunterricht zu generieren, könnten flow-förderliche Lernszenarien entwickelt (u.a. bei Pittmann, 2008) und als tätigkeitszentrierter Ansatz (Rheinberg et al., 2003) eingesetzt werden.

Zur Messung des flow-Empfindens gibt es verschiedene Ansätze. In qualitativen Interviewstudien wurden zunächst Merkmale des flow-Empfindens herausgearbeitet (Chiksentmihaly, 2014a). Auf dieser Grundlage wurden Fragebögen entwickelt. Die Testdauer ist dabei insbesondere bei der Messung weiterer psychometrischer Größen ein Problem, weil der Proband völlig aus dem flow-Empfinden der Tätigkeitsausübung herausgerissen wird (Rheinberg et al., 2003). Daher sind komplexere Testinstrumente wie der flow state scale mit 36 Items von Jackson & Marsh (1996) als kritisch anzusehen. Das flow-Empfinden beim Ausüben einer Tätigkeit wird deswegen häufig mit der Passung zwischen der selbst eingeschätzten „Anforderung“ und der selbst eingeschätzten „Fähigkeit“ mit je einem Item untersucht (kurz: „AvsF“) (u.a. Ibáñez et al., 2014). Aus theoretischer Sicht sollte ein flow-Empfinden auftreten, wenn die empfundene Anforderung der Tätigkeit zu der eigenen Fähigkeitseinschätzung passt. Diese Annahme des Diagonalmodells wurde im Quadrantenmodell präzisiert (Krombass et al., 2007, vgl. Abb. 1).

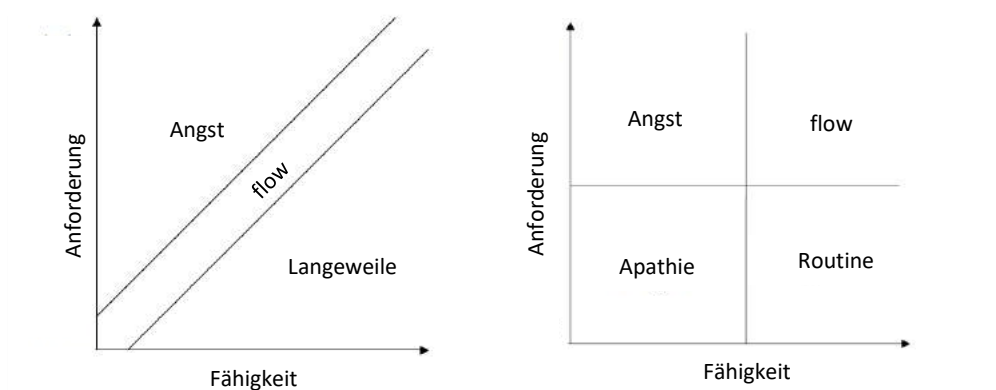


Abb. 1: Diagonalmodell (links) und Quadrantenmodell (rechts) zur Erklärung des flow-Empfindens bei einer ausgeübten Tätigkeit (nach Krombass et al., 2007)

Im Quadrantenmodell tritt flow-Empfinden nur dann ein, wenn beide Items von „AvsF“ als hoch eingeschätzt werden. Werden beide als niedrig eingeschätzt, wirkt der Proband teilnahmslos. Weiterhin tritt Angst auf, wenn die „Anforderung“ die „Fähigkeit“ überschreitet und Langeweile, wenn die „Fähigkeit“ die „Anforderung“ übersteigt. Krombass et al. (2007) merken jedoch an, dass Probanden in dem Langeweile-Quadranten auch ein flow-Erleben haben können und sprechen daher eher von Routine als Langeweile. Auch Rheinberg et al. (2003) hegen Zweifel am Quadrantenmodell.

Rheinberg et al. (2003) haben aus diesem Grund die so genannte Flow-Kurz-Skala (FKS) entwickelt. Diese umfasst 10 7-stufige Likert-Items, die die Merkmale des flow-Erlebens adäquat widerspiegeln. Die FKS kann schnell genug beantwortet werden, ohne die ausgeführte Tätigkeit groß zu unterbrechen. Das „flow-Empfinden“ wird als Generalfaktor mit Cronbach's  $\alpha$  um 0.9 angegeben. Darüber hinaus lassen sich die 10 Items der FKS zu den zwei Faktoren „Absorbiertheit“ und „glatter automatisierter Verlauf“ mit einer Varianzaufklärung von 67 % gruppieren. Die Zusatzskalen „Besorgnis“ und „Anforderungspassung“ komplettieren zusammen mit Daten zur Person und der ausgeübten Tätigkeit den Fragebogen. „Besorgnis“ ist eine 7-stufige Likert-Skala und testet das Angstempfinden. „Anforderungspassung“ misst die beiden zu „AvsF“ zugehörigen Items 9-stufig.

Um einerseits Studienergebnisse anderer Fachrichtungen mit künftigen Studien innerhalb der Physik- und Chemiedidaktik vergleichen zu können und andererseits künftige Studien möglichst messökonomisch durchführen zu können, stellt sich folgende Forschungsfrage mit zugehöriger Hypothese:

**FF:** Inwiefern kann das Quadrantenmodell das flow-Empfinden bei der Durchführung physikalischer Experimente erfassen?

**Hypothese:** Das Quadrantenmodell erfasst nicht alle Merkmale des flow-Empfindens bei der Experimentdurchführung und gibt dieses nicht ausreichend wieder.

Zur Klärung wurden Studierende mit dem FKS inklusive den Zusatzskalen im Rahmen ihres jeweiligen Kurses jeweils drei mal bei der Experimentdurchführung befragt. Insgesamt ergab dies 287 Messungen, von denen 75,3% aus dem Grundpraktikum im 1. Semester und 24,7 % aus dem Seminar Physikalische Schulexperimente im 3. Semester stammten. Die Daten kamen zu 50,5 % von Mono-Bachelor Physikstudierenden und 47 % von Physiklehramtsstudierenden bzw. von 43,2 % weiblichen und 52,6 % männlichen Studierenden.

### Ergebnisse

Die berechneten Cronbach's  $\alpha$  der (Sub-) Skalen des Testinstruments lagen wie in der Literatur zwischen 0.87 und 0.74 (Krombass et al., 2007; Rheinberg, 2010). Im nächsten Schritt der Auswertung wurden die einzelnen Datenpunkte durch das Itempaar „AvsF“ dem Quadrantenmodell entsprechend in die 4 Gruppen „flow“, „Routine“, „Angst“ sowie „Apathie“ zugeordnet (s. Abb. 2). Im Anschluss wurden die 4 Gruppen untereinander sowie mit der Theorie bzgl. den (Sub-) Skalen „Besorgnis“, „flow-Empfinden“, „glatter automatisierter Verlauf“ und „Absorbiertheit“ verglichen.

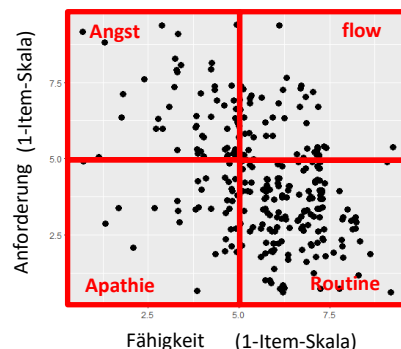


Abb. 2: Gruppenzuordnung gemäß des Quadrantenmodells

Hierbei stellte sich theoriekonform heraus, dass die höchsten Werte für „Besorgnis“ bei der Gruppe „Angst“ mit 5.22 (SD = 1.61) vorlagen. Die Gruppe „Angst“ unterschied sich dabei mit Effektstärken  $0.88 \leq d \leq 1.11$  mit  $p < 0.01$  hochsignifikant von den anderen drei Gruppen, welche untereinander jedoch keine statistisch relevanten Unterschiede aufwiesen.

Zwar traten beim „flow-Empfinden“ die niedrigsten Werte in der Gruppe „Angst“ auf, die sich von allen anderen Gruppen mit teils hohen Effektstärken hochsignifikant unterscheidet (vgl. Abb. 3). Entgegen dem Quadrantenmodell traten die höchsten Werte jedoch in der Gruppe „Routine“ auf. Ebenso unterschied sich die

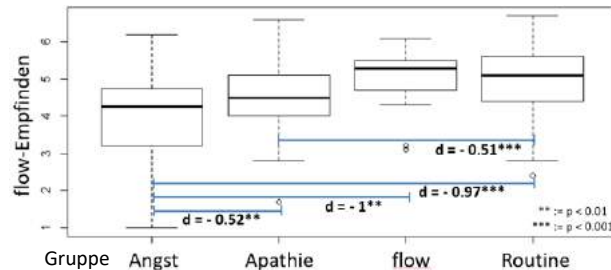


Abb. 3: Gruppenvergleich bzgl. des flow-Empfindens

Gruppe „flow“ statistisch nicht von den Gruppen „Routine“ und „Apathie“. Mit diesen Befunden wird die Hypothese bestätigt, dass das Quadrantenmodell das flow-Empfinden bei der Durchführung physikalischer Experimente nicht adäquat wiedergibt.

Zur weiteren Untersuchung wurden Korrelationen zwischen den Subskalen „glatter automatisierter Verlauf“ sowie „Absorbiertheit“ mit den beiden Items von „AvsF“ berechnet. Hierbei zeigte sich, dass „glatter automatisierter Verlauf“ mit „Fähigkeit“ mit  $r = 0.57$  sowie mit „Anforderung“ mit  $r = -0.43$  jeweils höchstsignifikant korreliert. „Absorbiertheit“ hingegen korreliert weder mit „Fähigkeit“ noch mit „Anforderung“.

## Diskussion

Die Messungen der Skala Besorgnis zeigen, dass das Quadrantenmodell Angst korrekt voraus sagt. Allerdings befand sich weder das stärkste „flow-Empfinden“ in der Gruppe „flow“, noch unterschieden sich die vom FKS ermittelten Werte gegenüber dem der Gruppe „Routine“. Insofern sollte „AvsF“ nicht mehr zur Berechnung von Korrelationen zwischen psychometrischen Größen und dem flow-Empfinden genutzt werden.

Unklar bleibt jedoch, warum „Absorbiertheit“ nicht mit „AvsF“ skaliert. Einerseits muss der Grad an „Absorbiertheit“ zwar nicht mit dem eigenen Könnensstand korrelieren. Andererseits erscheint es unwahrscheinlich, dass man in einer überfordernden, sehr schweren Tätigkeit in eben dieser aufgeht und von ihr eingenommen wird. Viel häufiger scheint eine Abwahl solcher Tätigkeiten als vermeintliche Folge beobachtbar zu sein.

Einschränkend ist jedoch der geringe Tätigkeitsumfang zu nennen. Andere physikalische Lerngelegenheiten liefern möglicherweise andere Ergebnisse.

## Ausblick

Zur Überprüfung bisheriger Ergebnisse (u.a. Püttmann, 2008; Ibáñez et al., 2014; Lincke, 2017) könnte eine Flow-Landkarte physikalischer Lerngelegenheiten erstellt werden. Hieran müssten sich auch neue, flow-fördernde Lernumgebungen messen lassen. Nach dem Vorbild der Spieleindustrie ließen sich auf die in der Lernumgebung ausgeübte Tätigkeiten abgestimmte Items konstruieren. Allein bei einem physikalischen Experiment gibt es verschiedenste Tätigkeiten (vgl. Theißen et al., 2016). Weiter erscheint es sinnvoll, diese rasch-skaliert zu entwickeln, um mit sogenannten Ankeritems trotz auf die jeweilige Tätigkeit abgestimmter Items dennoch vergleichbare Ergebnisse zu liefern.

### Literatur

- Csikszentmihályi, M und Szöllösi, I. (Hrsg.) (2012). Flow – der Weg zum Glück, Freiburg in Breisgau: Herder.
- Csikszentmihályi, M (2014a) Toward a Psychology of Optimal Experience, in: Csikszentmihályi, M (Hrsg.). Flow and the foundations of positive psychology, M, Dordrecht: Springer, S. 209 – 225.
- Csikszentmihályi, M (2014b). Flow, in: Csikszentmihályi, M (Hrsg.). Flow and the foundations of positive psychology, M, Dordrecht: Springer, S. 227 – 238.
- Hoffmann, L., Häußler, P. und Lehrke, M. (1998). Die IPN Interessensstudie. Kiel.
- Krombass, A., Urahne, D. & Harms, U. (2007). Flow-Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Lernen mit Computern und Ausstellungsobjekten in einem Naturkundemuseum, in: ZfDN, Jg 13.
- Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D. und Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness, In: Computers & Education, 71, S. 1 - 13.
- Jackson, S.A., & Marsh, H.W. (1996). Development and validation of a scale to measure optimal experience: The flow state scale. In: Journal of Sport and Exercise Psychology, 18, S. 17 - 35.
- Linke, R. (2017). Ein Michelson-Interferometer aus LEGO®-Bausteinen. Untersuchung technischer und affektiver Aspekte, Wiesbaden: Springer
- OECD, 2016. PISA 2015 Ergebnisse im Fokus. [https://www.oecd.org/berlin/themen/pisa-studie/PISA\\_2015\\_Zusammenfassung.pdf](https://www.oecd.org/berlin/themen/pisa-studie/PISA_2015_Zusammenfassung.pdf).
- Püttmann, A. (2008). Selbst reguliertes Lernen mit Multimedia im Physikunterricht, Goethe-Universität Frankfurt am Main.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. und Engesser, S. (2003). Die Erfassung des Flow-Erlebens, in: J. Stiensmann-Pelster & F. Rheinberg (Hrsg.). Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept, Göttingen: Hogrefe. S. 261 – 279.
- Rheinberg, F. (2010). Intrinsische Motivation und Flow-Erleben. In: Motivation und Handeln. Hrsg. von Jutta Heckhausen; Heinz Heckhausen. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. S. 365 - 387.
- Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Dickmann, M. & Eickhorst, B. (2016). Messung experimenteller Kompetenz – ein computergestützter Experimentiertest. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 15(1), S. 26 - 48.

Victoria Telser (geb. Enzmann)  
Arno Pfitzner  
Oliver Tepner

Universität Regensburg

## **Erfassung experimenteller Kompetenz von Chemielehrkräften**

### **Theoretischer Hintergrund**

Die Förderung experimenteller Kompetenz ist ein bedeutender Aspekt des Chemie- und Physikunterrichts (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz 2005; National Research Council 2012). Zur experimentellen Kompetenz werden alle Kompetenzen gezählt, die notwendig sind, um ein naturwissenschaftliches Experiment erfolgreich durchführen und die Erkenntnisse interpretieren zu können (Schreiber, Theyßen & Schecker 2016). Die Einteilung in Planungs-, Durchführungs- und Auswertungsphase wird in vielen Modellierungen vorgenommen (Dickmann et al. 2014; Hammann 2004). Die Operationalisierung im Bereich Planung erfolgt über das Klären der Fragestellung, das Formulieren von Erwartungen, dem Bilden von Hypothesen und dem Entwerfen eines Versuchsplans, beziehungsweise die Wahl der Materialien. Hinsichtlich der Durchführung wird der Umgang mit Experimentiermaterialien, die Beachtung von Sicherheitsaspekten, das Durchführen und Protokollieren von Messungen und der Umgang mit Problemen angeführt. Die Auswertung umfasst dann die Datenaufbereitung, Berechnungen und Ergebnisinterpretation (Kechel 2016; Meier & Mayer 2014; Schreiber 2012).

Die experimentelle Kompetenz von Schülerinnen und Schülern wurde schon mehrfach auf unterschiedliche Weise untersucht (Eickhorst, Dickmann, Schecker, Theyssen & Neumann 2015; Hammann 2004; Kechel 2016; Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung von Sachsen-Anhalt 2003; Schreiber 2012). Empirische Untersuchungen zeigen, dass Schülerinnen und Schüler zentrale Aspekte wissenschaftlichen Denkens nicht beherrschen, wie beispielsweise das systematische Vorgehen bei der Planung, Variablenkontrolle und korrekte Datenanalyse (Kechel 2016; Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung von Sachsen-Anhalt 2003). Für Lehrkräfte liegen im Fach Chemie keine vergleichbaren Befunde vor, sodass in dieser Studie die experimentelle Kompetenz von Gymnasiallehrkräften mit Unterrichtsfach Chemie untersucht wird.

### **Zentrale Fragestellung und Hypothese**

Fragestellung: Inwiefern kann die experimentelle Kompetenz von Lehrkräften durch eine zweitägige Fortbildung gesteigert werden?

Hypothese: Lehrkräfte, die an einer zweitägigen Fortbildung mit Schwerpunkt Erkenntnisgewinnungsprozesse teilgenommen haben, weisen nach der Fortbildung größere praktische Fertigkeiten und höhere spontane Performanz bei Erkenntnisgewinnungsprozessen auf als zu Beginn der Fortbildung.

### **Konzeption der Studie**

Im Rahmen einer zweitägigen Lehrerfortbildung wurde die experimentelle Kompetenz von Lehrkräften im Prä-Post-Design erhoben. Zwischen den beiden Fortbildungstagen hatten die Lehrkräfte etwa zwei Wochen normalen Unterrichtsalltag. Die Fortbildung thematisierte als fachwissenschaftlichen Schwerpunkt zentrale Inhalte zur Photo- und Photoelektrochemie. Fachdidaktisch lag der Fokus auf Erkenntnisgewinnungsprozessen. Zu beiden Themen wurden mögliche Experimente für den Unterricht vorgestellt und von den Teilnehmenden selbst erprobt. Details zur Fortbildung sind in Enzmann, Pfitzner und Tepner (2018) nachzulesen.

Neben weiteren Evaluationsaspekten wurde die experimentelle Kompetenz der Lehrkräfte erfasst, siehe Enzmann et al. (2018). Bezüglich der Videographie zur Erfassung der praktischen Experimentierfähigkeiten und der spontanen Performanz in Bezug auf Erkenntnisgewinnung hatten die Lehrkräfte keine Kenntnis bezüglich der kodierten Aspekte. Sie hatten keine Information über das während der Fortbildung videographierte Experiment und keine Gelegenheit zur Vorbereitung. Der Arbeitsauftrag umfasste den Aufbau des Experiments mit gegebenen Materialien und anschließend die Durchführung von mindestens einem Manipulationsexperiment. Die Lehrkräfte wurden gebeten, so zu experimentieren und dokumentieren, wie sie es im Idealfall von ihren Schülerinnen und Schülern erwarten würden. An beiden Messzeitpunkten wurden Experimente aus dem Themenkomplex galvanische Zellen durchgeführt (MZP 1: Zink-Wasserstoff-Zelle, MZP 2: Daniell-Element).

Die Lehrkräfte erhielten keinen zur Photo- und Photoelektrochemie ergänzenden fachlichen Input zur Elektrochemie. Zu Experimentierfähigkeiten gab es abgesehen von einer kurzen Ansprache von Strukturierungshilfen und Flussdiagrammen zur Hilfe für Schülerinnen und Schüler ebenfalls keinen Input. Ferner wurde ihnen kein Feedback gegeben und sie konnten ihre Videos nicht einsehen.

Für die Hauptstudie konnten Daten zu 40 Lehrkräften an Gymnasien mit Fach Chemie ausgewertet werden. Diese meldeten sich zu der kostenlosen Fortbildung an, wobei diese sowohl als regionale Lehrerfortbildung (an den Universitäten München, Regensburg und Würzburg) als auch als schulinterne Lehrerfortbildungen (vier Gymnasien in Bayern) stattfanden. Zeitlich wie thematisch wurde der Ablauf standardisiert und die Veranstaltungen von der gleichen Fortbildungsleitung durchgeführt. Alle Fortbildungen fanden zwischen Januar 2017 und Januar 2018 statt.

### Operationalisierung

Die Basiskodierung erfolgte in 10-Sekunden-Abschnitten, wobei die Handlungen der Lehrkräfte in folgende Kategorien eingeteilt wurden: Nicht kodierter Bereich, Vorbereitung, Aufbau, Durchführung, Abbau, Gespräch zum Experiment, Protokoll, Sonstiges.

Die Nennung und experimentierbezogene Ausführung von Erkenntnisgewinnungsphasen wurde folgendermaßen kodiert: Fragestellung, Hypothese, Planung, Erwartung, Durchführung, Beobachtung, Hypothesenprüfung, Erkenntnis, Erklärung. Des Weiteren wurden die genannten Manipulationsmöglichkeiten und ausgeführten Manipulationsexperimente dokumentiert.

Die Fehlerkodierung umfasste für jeden Fehler die in den Tabellen 1 und 2 angegebenen Kodierungsaspekte.

*Tabelle 1: Kodierungsaspekte für die Fehlerkodierung*

| Kodierungsaspekt            | Erläuterung                                                                                                                          |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gruppennummer, Personencode | Identifizierung der Person                                                                                                           |
| Erfasster Fehler            | Jeder Fehler wurde erfasst, unmittelbar korrigierte Fehler wurden allerdings mit der Kodierung 0 nicht in die Wertung miteinbezogen. |
| Quelle                      | Audio, Video, Protokoll                                                                                                              |
| Zeit                        | Zeitpunkt                                                                                                                            |
| Fehlercode                  | Oberkategorie                                                                                                                        |
| Fehlertyp                   | Unterkategorie                                                                                                                       |
| Fehlerpunkte                | Punktevergabe je nach Schwere des Fehlers                                                                                            |
| Korrekturpunkte             | Punktevergabe bei nachträglicher Selbstkorrektur, so dass die für diesen Fehler vergebenen Fehlerpunkte wieder ausgeglichen wurden.  |
| Phase der Basiskodierung    | Für weiterführende Analysen                                                                                                          |
| Notizen                     | Genaue Fehlerbeschreibung                                                                                                            |

Tabelle 2: Kategorisierung von Fehlern

| Fehlercode                                      | Beispiel für einen zugehörigen Fehlertyp                                                      | Fehlerpunkte |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 41x: Fachwissensdefizit                         | Zink sei im Daniell-Element die Kathode                                                       | 4            |
| 44x: Fachsprache                                | Das Zinkblech werde oxidiert.                                                                 | 4            |
| 3xx: Unsauberes Arbeiten                        | Instabilität des Aufbaus, inkorrekte Polung, fehlende Messung, Sauberkeit-/Sicherheitsaspekte | 3            |
| 2xx: Versehrtes unsauberer Arbeiten             | Verschütten von Chemikalien, fallen lassen kontaminierten Materials                           | 2            |
| 5xx: Unsauberer Arbeiten mit Fachwissensdefizit | Kurzschluss, Variablenkontrolle                                                               | 5            |

Näheres zur Operationalisierung siehe Telser, Stündl, Pfitzner und Tepner (Unveröffentlicht).

### Ergebnisse der Hauptstudie

Die Lehrkräfte bereiteten ihr Experiment am zweiten Messzeitpunkt 27 % schneller vor (Vorbereitung + Aufbau) als am ersten Messzeitpunkt ( $Z = -4,750, p < ,001$ ). Für die Nennung und Ausführung von Erkenntnisgewinnungsphasen und Manipulationen ergab sich keine signifikante Veränderung.

Für die insgesamt begangenen Fehler, ebenso für die insgesamt begangenen Ursprungsfehler (Wiederholungsfehler nicht berücksichtigt) konnte bei den Lehrkräften eine signifikante Abnahme mit geringer bis mittlerer Effektstärke im Prä-Post-Vergleich festgestellt werden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Testergebnisse für den Prä-Post-Vergleich der begangenen Fehler

|                                           | MZP  | M     | SD    | Wilcoxon-Test |        | T-Test |    |        | Effektstärke |
|-------------------------------------------|------|-------|-------|---------------|--------|--------|----|--------|--------------|
|                                           |      |       |       | Z             | p      | T      | df | p      |              |
| Fehler                                    | Prä  | 27,08 | 11,59 | -2,775        | ,006   | 2,393  | 39 | ,027   | 0,334        |
|                                           | Post | 22,93 | 9,47  |               |        |        |    |        |              |
| Ursprungsfehler                           | Prä  | 13,58 | 4,29  | -3,598        | < ,001 | 4,213  | 39 | < ,001 | 0,588        |
|                                           | Post | 10,90 | 2,97  |               |        |        |    |        |              |
| Fachwissensfehler                         | Prä  | 6,90  | 5,30  | -2,653        | ,008   | 3,025  | 39 | ,004   | 0,378        |
|                                           | Post | 4,25  | 2,40  |               |        |        |    |        |              |
| Unsauberer Arbeiten mit Fachwissensfehler | Prä  | 2,13  | 1,32  | -3,766        | < ,001 | 4,639  | 39 | < ,001 | 0,732        |
|                                           | Post | 1,33  | 1,31  |               |        |        |    |        |              |

Aufgeschlüsselt nach Fehlercodes zeigt sich eine signifikante Abnahme in der Kategorien Fachwissensdefizit und unsauberer Arbeiten mit Fachwissensdefizit (Variablenkontrollfehler, Aufbau eines Kurzschlusses). Für die drei anderen Fehlercodes (unsauberer Arbeiten, versehrtes unsauberer Arbeiten und Fachsprache) zeigen sich keine signifikanten Veränderungen im Prä-Post-Vergleich. Die Fortbildung hat somit einen positiven Einfluss auf Fehler, denen ein Fachwissensdefizit zugrunde liegt.

Für die Auswertung hinsichtlich der Fehlerpunkte im Prä-Post-Vergleich ergibt sich ebenfalls eine signifikante Abnahme, auch wenn Korrekturen berücksichtigt wurden.

### Ausblick

Aktuell werden die Daten der Gesamtstudie ausgewertet. Diese sollen 2019 publiziert werden. Im Anschlussprojekt wird in vergleichbarem Studiendesign mit Treatment und Feedback die experimentelle Kompetenz von Lehrkräften in Form einer Interventionsmaßnahme gefördert und näher untersucht.



### Literaturverzeichnis

- Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. Educational standards in chemistry for the secondary school leaving certificate: Resolution of 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Dickmann, M., Eickhorst, B., Theyßen, H., Neumann, K., Schecker, H. & Schreiber, N. (2014). Measuring Experimental Skills in Large-Scale Assessments: Developing a Simulation-Based Test Instrument. In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Hrsg.), *Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Proceedings of the ESERA 2013 Conference* (Strand, 1-16, S. 1993–2001). Nicosia: European Science Education Research Association.
- Eickhorst, B., Dickmann, M., Schecker, H., Theyssen, H. & Neumann, K. (2015). Messung experimenteller Kompetenz im Large-Scale: Bewertung experimenteller Aufgaben. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 169–171). Kiel: IPN.
- Enzmann, V., Pfitzner, A. & Tepner, O. (2018). Entwicklung einer Lehrerfortbildung zur experimentellen Kompetenz. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen* (Bd. 38, S. 911–914).
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57 (4), 196–203.
- Kechel, J.-H. (10.2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*. Dissertation, Universität Kassel. Kassel.
- Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung von Sachsen-Anhalt. (2003). *Zur systematischen Entwicklung experimenteller Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht. "Naturwissenschaftliches Arbeiten" Modul 2*. Dresden: Polydruck Dresden.
- Meier, M. & Mayer, J. (2014). Selbstständiges Experimentieren. Entwicklung und Einsatz eines anwendungsbezogenen Aufgabendesigns. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 67 (1), 4–10.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Schreiber, N. (2012). *Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 139). Berlin: Logos.
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2016). Process-Oriented and Product-Oriented Assessment of Experimental Skills in Physics: A Comparison. In N. Papadouris, A. Hadjigeorgiou & C. P. Constantinou (Hrsg.), *Insights from Research in Science Teaching and Learning* (Bd. 2, S. 29–43). Cham: Springer International Publishing.
- Telser, V., Stündl, S., Pfitzner, A. & Tepner, O. (Unveröffentlicht). *Kodiermanual zur Analyse der videographierten Lehrkräftefortbildung „Elektro- und Photochemie für den Unterricht“*. Experimentierphasen zum Thema Galvanische Zellen. Universität Regensburg.

Lina Boyer<sup>1</sup>  
 Anita Stender<sup>1</sup>  
 Hendrik Härtig<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen

## Schwierigkeit von Experimenten Eine Lehrerbefragung

### Theoretischer Hintergrund

Selbstständig experimentieren zu können, ist ein wesentliches Ziel im Physikunterricht (Kircher, 2005). Das beinhaltet, dass Schülerinnen und Schüler dazu befähigt sein sollen, Experimente eigenständig planen, durchführen und auswerten zu können (Kultusministerkonferenz, 2004). Dies ist für die Schülerinnen und Schüler in der praktischen Umsetzung schwierig, da sie vielfältige Defizite beim Experimentieren aufweisen (Hammann et al., 2006) und ohne unterrichtliche Förderung kaum in der Lage sind, selbstständig zu experimentieren (Zimmermann, 2007). Auch fühlen sich die Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht ausreichend unterstützt (Reiss et al., 2016). Eine Möglichkeit, die Schülerinnen und Schüler beim selbstständigen Experimentieren zu unterstützen, besteht in dem gezielten Anpassen des zur Verfügung stehenden Experimentiermaterials. Dabei erhielten Schülerinnen und Schüler mit hoher bzw. niedriger experimenteller Kompetenz Material, das ihrem jeweiligen Niveau entspricht. Durch eine Anpassung des Experimentiermaterials kann damit eine Binnendifferenzierung auch beim Experimentieren gelingen.

Um Experimente binnendifferenziert einzusetzen, bedarf es zunächst einer Analyse, welche Merkmale beim Experimentiermaterial verändert werden können, um die Schwierigkeit eines Experimentes anzupassen. Mögliche Optionen für eine Veränderung der Schwierigkeit wurden dabei in drei Kategorien eingeteilt: *Variablen*, *Lösungen* und *Material*.

In der Kategorie *Variablen* werden Merkmale zusammengefasst, welche sich mit der Art und der Anzahl der bei einem Experiment vorkommenden Variablen auseinander setzen. So hat etwa die Anzahl der Variablen (abhängig, unabhängig und Kontrollvariablen) einen Einfluss darauf, ob eine Hypothese einfacher oder schwieriger getestet werden kann (u. a. Stadler et al., 2016; Griffiths & Thompson, 1993; Franz et al., 2015; Arnold et al., 2014; Gut-Glanzmann, 2012). Darüber hinaus scheint auch die Anzahl der Beziehungen zwischen den zu untersuchenden Variablen einen Einfluss darauf zu haben, ob bestimmte Zusammenhänge erfolgreich untersucht werden können oder nicht (Arnold et al., 2013; Griffiths & Thompson, 1993).

Davon abgrenzend wird die Art der möglichen Lösungswege für ein Experiment in der Kategorie *Lösungen* beschrieben. Dazu zählen neben der Anzahl der Lösungswege (Kaller et al., 2011; Berg et al., 2010) auch die Anzahl der Lösungen (Kaller et al., 2011), die Anzahl der Lösungsschritte (Gut-Glanzmann, 2012) sowie die Operationalisierung von Variablen (Arnold et al., 2013). Außerdem kann auch einen Einfluss auf die Schwierigkeit haben, ob es sich beim Experimentieren um quantitative oder qualitative Untersuchungen handelt.

Unter der Kategorie *Material* werden die Aspekte zusammengefasst, die für die praktische Untersuchung notwendig sind, sich aber nicht auf die theoretische Lösung des Problems beziehen. Darunter fällt zum Beispiel, ob es sich bei den Materialien um Alltagsgegenstände oder Lehrmittelfabrikate handelt (Aho et al., 1993). Außerdem zählt dazu, wie viele verschiedene Einstellungsoptionen mit dem Material möglich sind, wie viele Wahlmöglichkeiten die Schülerinnen und Schüler haben und wie viele Materialien zur Bearbeitung zur Verfügung stehen. Zusätzliche Merkmale können sein, wie gut die Materialien aufeinander abgestimmt sind oder ob es sich um digitale oder analoge

Messgeräte handelt. Ein weiterer Einfluss auf die Schwierigkeit von Experimenten in dieser Kategorie ist der händische Anspruch beim Verwenden der Materialien (Kechel, 2016).

Diese drei Kategorien *Variablen*, *Lösungen* und *Material* geben einen Überblick darüber, welche Merkmale aus theoretischer Sicht einen Einfluss auf die Schwierigkeit von Experimenten haben könnten. Welche dieser Merkmale auch aus unterrichtspraktischer Sicht die Schwierigkeit von Experimenten beeinflussen, wurde dagegen noch nicht ausreichend untersucht. Eine solche Einschätzung von Lehrpersonen könnte erste Hinweise darauf geben, welche dieser Merkmale sich zur Binnendifferenzierung beim Experimentieren eignen können. Darauf aufbauend soll folgende Forschungsfrage beantwortet werden: Welche Merkmale werden bei der Einschätzung der Schwierigkeit von Experimenten am häufigsten von Lehrpersonen herangezogen?

### Testinstrument und Methode

Um dieser Frage nachzugehen, wurde ein Online-Fragebogen für Lehrpersonen entwickelt. Dieser Fragebogen besteht aus 21 Items, die sich alle mit Experimenten aus der Mechanik der Sekundarstufe I befassen (Hooke'sches Gesetz, schiefe Ebene, Dichte, Auftrieb und Flaschenzug). Es wurden verschiedene Experimente genutzt, um sicherzustellen, dass die Merkmale nicht nur für einzelne Experimente gelten, sondern experimentübergreifend. Jedes Item ist nach dem gleichen Schema aufgebaut: Zunächst wird eine physikalische Fragestellung vorgegeben, welche von Schülerinnen und Schülern untersucht werden soll. Es folgen zwei unterschiedliche Varianten von Material. Dieses Material unterscheidet sich in unterschiedlichen Ausprägungen der Merkmale, die den oben aufgeführten Kategorien *Variablen*, *Lösungen* und *Material* zugeordnet sind. Die Lehrpersonen werden nach der Präsentation der zwei unterschiedlichen Varianten gefragt, welche Variante sie für schwieriger halten. Anschließend soll in einem offenen Antwortfeld begründet werden, warum sie diese Variante für schwieriger halten. Durch das offene Antwortformat können die Lehrpersonen unbeeinflusst angeben, was aus Ihrer Sicht ein Experiment schwierig macht. Anhand dessen kann beurteilt werden, ob sie die verwendeten Merkmale als schwierig einschätzen oder nicht.

An der Online-Umfrage nahmen 101 Lehrpersonen aus NRW teil. Die offenen Antworten der Lehrpersonen wurden anhand eines Kodiermanuals ausgewertet. Wurde ein Merkmal für die Beurteilung eines Items verwendet, wurde dies mit einer 1 kodiert, andernfalls mit einer 0. Die Interraterreliabilität lag für alle Items in einem zufriedenstellenden Bereich ( $\kappa_{\text{cohen}} = .66$  bis  $\kappa_{\text{cohen}} = 1$ ; für Items, für die keine Interraterreliabilität berechnet werden konnte, lag die prozentuale Übereinstimmung bei mindestens 85 %).

### Ergebnisse

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden Friedman-Tests und nachfolgende post-hoc-Analysen gerechnet (mit Bonferroni-Korrektur). Es zeigt sich für alle drei Kategorien, dass signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der einzelnen Kategorien bestehen (Variablen:  $\chi^2(4) = 71.89$ ,  $p = .00$ ; Lösungen:  $\chi^2(4) = 93.29$ ,  $p = .00$ ; Material:  $\chi^2(6) = 52.42$ ,  $p = .00$ ). Es scheint, dass die Lehrpersonen insgesamt bestimmte Merkmale häufiger zur Beurteilung der Schwierigkeit nutzen als andere. Für die Post-hoc-Analyse zwischen den einzelnen Merkmalen einer

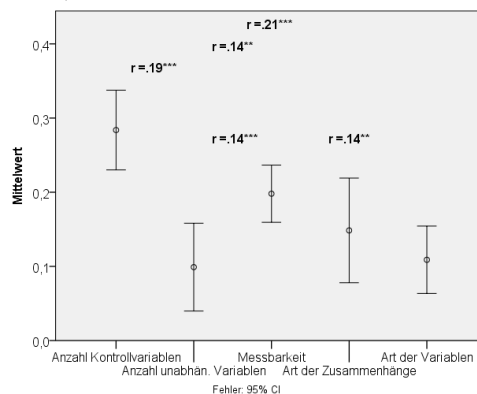


Abb. 1: Mittelwertunterschiede für die Kategorie Variable

Kategorie wurde der Wilcoxon-Test genutzt und die signifikanten Ergebnisse der einzelnen Kategorien sind in den Abbildungen 1 bis 3 dargestellt.

In der Kategorie *Variablen* wurden die Anzahl der Kontrollvariablen signifikant häufiger genannt als die Anzahl der unabhängigen Variablen, die Art der Zusammenhänge und die Art der Variablen. (siehe Abb. 1).

In der Kategorie *Lösungen* wird die Anzahl an Lösungsschritten als häufigstes Merkmal zur Beurteilung der Schwierigkeit herangezogen (siehe Abb. 2). Dagegen scheint bei der Beurteilung der Schwierigkeit die Anzahl der Lösungen nahezu irrelevant zu sein. In der Kategorie *Material* sind weniger signifikante

Ergebnisse durch die höhere Anzahl an Mittelwertvergleichen vorhanden. Insgesamt wurden

Wahlmöglichkeiten von den Lehrpersonen am häufigsten genannt (siehe Abb. 3). Doch auch analog/digital und der händische Anspruch werden ebenfalls häufig angeführt.

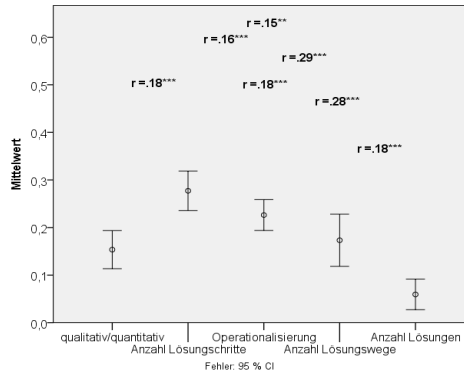


Abb.2: Mittelwertunterschiede für die Kategorie *Lösungen*

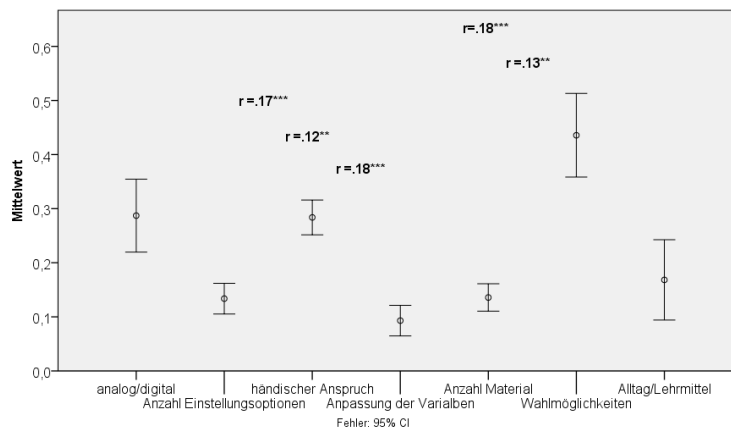


Abb.3: Mittelwertunterschiede für die Kategorie *Material*

### Diskussion und Ausblick

Um die Forschungsfrage zu beantworten, wurden die theoretisch hergeleiteten Merkmale um eine unterrichtspraktische Sicht für die Beurteilung der Schwierigkeit von Experimenten von Lehrpersonen ergänzt. Die am häufigsten genannten Merkmale sind die Anzahl der Kontrollvariablen, die Messbarkeit von Variablen, die Anzahl der Lösungsschritte, die Operationalisierungen und die Wahlmöglichkeiten. Diese Merkmale scheinen bei mehreren Mechanik-Experimenten aus unterrichtspraktischer Sicht relevant für die Beurteilung der Schwierigkeit zu sein. Inwiefern eine Anpassung der Experimente anhand dieser Merkmale tatsächlich zu einfacheren oder anspruchsvolleren Experimenten führt, wird in einer nachfolgenden Studie näher untersucht. Ein zusätzlicher Untersuchungsgegenstand dieser Studie wird sein, inwiefern mit diesen Merkmalen eine bessere Passung zwischen den Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler und den Merkmalen von Experimenten zu erfolgreicherem Experimentieren führt.

### Literatur

- Aho, L., Huopio, J., Huttunen, S. (1993). Learning science by practical work in Finnish primary schools using materials familiar from the environment. *International Journal of Science Education* 15, 497–507
- Arnold, J.C., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks?. *International Journal of Science Education*, 36 (16), 2719–2749
- Berg, W.K., Byrd, D. L., McNamara, J. P. H. & Case, K. (2010). Deconstructing the tower: parameters and predictors of problem difficulty on the Tower of London task. *Brain and Cognition* 72 (3), 472–482
- Franz, T., Steib, C., Fire, T. & Strahl, A. (2015). Arbeitsgedächtnis und Physikaufgaben. *PhyDidB DD*: <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/595/727>
- Griffiths, A.K. & Thompson, J. (1993). Secondary School Students' Understandings of Scientific Processes. An interview study. *Research in Science & Technological Education*, 11 (1), 15–26
- Gut-Glanzmann, C. (2012). Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. Analyse eines large-scale Experimentiertests. Berlin: Logos-Berlin.
- Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Mathematischer naturwissenschaftlicher Unterricht* 59 (5), 292–299.
- Kaller, C.P., Rahm, B., Kosterling, L. & Unterrainer, J.M. (2011). Reviewing the impact of problem structure on planning: a software tool for analyzing tower tasks. *Behavioural Brain Research* 216 (1), 1–8
- Kechel, J.H. (2016). Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. Berlin: Logos Berlin
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (2009). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. Berlin: Springer.
- Kultusministerkonferenz (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Bildungsabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., Köller, O. (2016). PISA 2015. Münster: Waxmann.
- Stadler, M., Niepel, C. & Greiff, S. (2016). Easily too difficult. Estimating item difficulty in computer simulated microworlds. *Computers in Human Behavior* 65, 100–106
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review* 20 (1), 99–149

Jörn J. Hägele  
 Andreas Vorholzer  
 Claudia von Aufschnaiter

Justus-Liebig-Universität Gießen

### Wie verstehen und nutzen Lernende Konzepte zum Experimentieren?

Der Aufbau experimentbezogener Kompetenzen ist ein wichtiges Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts (z. B. KMK, 2005). Bei der Förderung dieser Kompetenzen kommt dem Aufbau von experimentbezogenem Wissen vermutlich eine zentrale Rolle zu (vgl. von Aufschnaiter & Hofmann, 2014; Vorholzer, 2017). Wie Schülerinnen und Schüler (SuS) derartiges Wissen verstehen und nutzen (können), kann sich im Lernprozess u. a. darin zeigen, welche experimentbezogenen Vorstellungen sie äußern. Unter Vorstellungen werden hier konzeptuelle wie auch vor-konzeptuelle/fallbasierte Äußerungen verstanden (z. B. Konzept: „In naturwissenschaftlichen Fragen kommen nur objektivierbare Messgrößen vor“; Fall: „Diese Frage ist eine naturwissenschaftliche Frage, weil du die Falldauer messen kannst“). Ausgehend davon, dass Vorstellungen zum Experimentieren bisher kaum untersucht wurden (anders als Vorstellungen *über* das Experimentieren und dessen Bedeutung für naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung; z. B. Lederman et al., 2014) und dass auf die Entwicklung von Vorstellungen im Lernprozess selten fokussiert wird (siehe z. B. Rogge, 2010), stellen sich u. a. folgende Forschungsfragen:

- F1 Welche inhaltliche Vielfalt experimentbezogener Vorstellungen von Lernenden lässt sich in Lernprozessen identifizieren?
- F2 Welche Vorstellungen stabilisieren sich im Laufe der Zeit bei (einzelnen) Lernenden?
- F3 Unter welchen Randbedingungen äußern Lernende Vorstellungen *konzeptuell*?
- F4 Was passiert (hinsichtlich F1–F3), wenn Lernende über angemessene experimentbezogene Konzepte (Vorstellungen in konzeptueller Formulierung) informiert werden?

#### Design und Stichprobe

Zur Untersuchung der in Lernprozessen geäußerten Vorstellungen wurden Videoaufzeichnungen aus einer quasi-experimentellen Studie von Vorholzer (2016) verwendet, in der SuS ( $N_{\text{ges}} = 204$ ; Klasse 11, ~17 Jahre alt) in 2er–3er-Teams Instruktionsmaterial zu den experimentbezogenen Kompetenzen „Formulieren von Fragen und Hypothesen“, „Planen von Untersuchungen“, „Auswerten von Daten“ im Abstand von jeweils einer Woche bearbeiteten. Die SuS der Experimentalgruppe bearbeiteten eine explizite Instruktion, in der adressierte Konzepte jeweils mindestens einmal mitgeteilt und erläutert werden und es zudem Explorations- und Übungsphasen zu den adressierten Konzepten gibt. Sie ist vollständig kartenbasiert angelegt, so dass den Lernenden alle Aufgaben, Hinweise, Kontrollen usw. schriftlich vorlagen und die gesamte Bearbeitung keine Lehrer-Schüler-Interaktion erforderte. Antworten und Lösungen zu den Aufgaben wurden von den SuS entweder nur mündlich diskutiert oder zusätzlich direkt in das Kartenmaterial gezeichnet/geschrieben. 24 Teams ( $N = 71$ ; verteilt auf sechs Klassen) der Experimentalgruppe wurden bei der Bearbeitung videografiert. Im Beitrag werden erste Ergebnisse vorgestellt, die aus der Analyse der Videos von 5 Teams á 3 Personen stammen. Es wurden zunächst je Team ca. 10–15 Minuten Videoaufzeichnungen der Bearbeitung von 6 aufeinanderfolgenden Aufgaben zu *Kennzeichen von naturwissenschaftlichen Fragen* (als Teilaspekt der Kompetenz „Formulieren von Fragen und Hypothesen“) analysiert. Der Aspekt wurde ausgewählt, da er zu Beginn der Intervention thematisiert und in späteren Einheiten wieder aufgegriffen wird bzw. von den SuS aufgegriffen werden kann, so dass entsprechend Vorstellungen über einen längeren Zeitraum hinweg untersucht werden können.

## Methoden

Für die Untersuchung von Vorstellungen der SuS zu den in der Instruktion angestrebten Konzepten und deren Entwicklung im Verlauf der Bearbeitung der 6 aufeinanderfolgenden Aufgaben, wurden die Bearbeitungsprozesse der SuS zu den ausgewählten Aufgaben transkribiert und qualitative Inhaltsanalysen in einem mehrschrittigen Verfahren durchgeführt. Die Inhaltsanalysen erfolgten bei simultaner Videoeinsicht, um Fehlinterpretationen vorzubeugen. Zunächst wurde nach Schüleräußerungen gesucht, die sich als Antworten auf die Frage: „Was kennzeichnet eine naturwissenschaftliche Frage?“, deuten lassen. Es finden sich Aussagen wie: (B1) „Zu jeder naturw. Frage kann man einen Versuch durchführen“, (B2) „Das ist eine [naturw. Frage]; du kannst es ja irgendwie beweisen“, oder: (B3) „Hier kannst du die Temperatur messen, also ist diese [Frage] eine [naturw. Frage]“. Die identifizierten Äußerungen wurden folgend sowohl mit Blick auf den *Inhaltsaspekt* als auch die *Form der Äußerung* kodiert.

*Inhaltsaspekt der Vorstellung:* Es wurde eine induktive Kategorienbildung vorgenommen (zusammenfassende Inhaltsanalyse nach Mayring, 2015), bei der jeder zentrale inhaltliche Aspekt der identifizierten Äußerung in je ein Schlagwort gefasst wird, das als Kategorie-Name fungiert. Der Aussage B1 wurde bspw. die Kategorie ›Versuch‹ zugewiesen. Die gebildeten Kategorien wurden für erste Analysen zu Obergruppen zusammengefasst. Zum Beispiel wurden die Inhaltsaspekte ›Hat mit Physik zu tun‹, ›Hat mit Pädagogik zu tun‹ usw. gruppiert zu ›Bezug zu Fach liegt vor‹. Die Obergruppe ›Naturw. Methode nutzbar‹ umfasste bspw. u. a. die Kategorien ›Versuch‹, ›Beobachtung‹, ›Messen‹. (Weitere Beispiele in Abb. 1.)

*Form der Äußerung* (formal-strukturierende Inhaltsanalyse nach Mayring, 2015): Es wurde ein zuvor deduktiv gebildetes Kategoriensystem genutzt, das u. a. erfasst, ob die Schüleräußerung eher konzeptuell (Verallgemeinerung; z. B. Aussage B1) oder eher fallnah formuliert ist (konkret auf Situation/Objekt bezogen; z. B. Aussage B2, B3).

Erste Bestimmungen der Beurteilerübereinstimmungen zeigen zufriedenstellende Ergebnisse. Für das vollständige Kategoriensystem ist nach Abschluss der induktiven Kategorienbildung eine vertiefte Analyse der Reliabilität geplant.

## Ergebnisse

*F1 – Vielfalt der Vorstellungen.* Im gesamten untersuchten Zeitfenster lassen sich 35 unterschiedliche Inhaltsaspekte identifizieren, die in 12 Obergruppen gebündelt werden können. Dabei unterscheiden sich die Teams hinsichtlich der Anzahl der verschiedenen zugewiesenen Obergruppen; sie unterscheiden sich auch darin, *welche* Obergruppen für die jeweiligen Teams vorkommen bzw. nicht vorkommen (wobei manche Teams hierbei inhaltlich näher beieinanderliegen als andere; siehe Abb. 1a).

*F2 – Stabilisierung und Stabilität von Vorstellungen.* In dem kurzen bisher untersuchten Zeitfenster (10–15 Min.) ist für Individuen eine *Stabilisierung* (bspw. im Sinne von im Mittel zunehmender Häufigkeit) bestimmter Inhaltsaspekte schwer auszumachen. Allerdings lässt sich – wenn auch nur in wenigen Fällen – eine *Stabilität* gewisser Inhaltsaspekte von Vorstellungen auffinden (Beispiel in Abb. 1b für Obergruppen). Der Großteil der stabilen Vorstellungen ist aus fachlicher Sicht eher unangemessen (z. B., dass eine eindeutige Antwort notwendig ist, damit eine Frage naturw. ist). Insgesamt findet sich auch bei Individuen zumeist eine große Variabilität an inhaltlich verschiedenen Vorstellungen im zeitlichen Verlauf.

*F3 – Randbedingungen für konzeptuell formulierte Vorstellungen.* Konzeptuell formulierte Vorstellungen (im Sinne verallgemeinernder Aussagen über Kennzeichen naturwissenschaftlicher Fragen), werden von SuS aus allen Teams geäußert. Die Anzahl der konzeptuellen Formulierungen pro Team variiert jedoch deutlich. Bei einer Aufgabe, die konkret dazu auffordert, das eigene Verständnis zu Kennzeichen von naturwissenschaftlichen Fragen einer fiktiven Person zu erläutern, finden sich mit 14 von insgesamt 25 konzeptuell geäußerten Vorstellungen mit deutlichem Abstand am meisten konzeptuelle Formulierungen pro

Aufgabe. Es treten vorrangig fachlich eher angemessene, aber auch ein nicht zu vernachlässigender Anteil eher unangemessener Vorstellungen in konzeptueller Formulierung auf.

*F4 – Informieren über angemessene Vorstellungen.* Die untersuchten aufeinanderfolgenden Aufgaben umfassten einen Informationstext zu aus fachlicher Sicht angemessenen Kennzeichen von naturwissenschaftlichen Fragen (nach der zweiten Aufgabe). Vor dem Text wurden pro Team weniger verschiedene Obergruppen identifiziert als nach dem Text. Die Vorstellungsvielfalt innerhalb einzelner Teams nimmt also zu. Weiterhin lässt sich feststellen, dass die verschiedenen Teams nach dem Text hinsichtlich der auftretenden Obergruppen näher beieinanderliegen als vor dem Text. Die inhaltliche Verschiedenheit zweier beliebiger Teams nimmt also ab (Abb. 1a). Allgemein betrachtet treten auch nach dem Text (vorherige und zusätzliche) Vorstellungen auf, die aus fachlicher Sicht eher unangemessen sind. Für die meisten Individuen ergeben sich nach dem Text keine neuen, über die verbleibenden Aufgaben stabilen Vorstellungen. In einzelnen Fällen scheinen vorher stabil auftretende Vorstellungen durch andere stabile Vorstellungen ergänzt (bspw. in Abb. 1b) oder abgelöst zu werden.

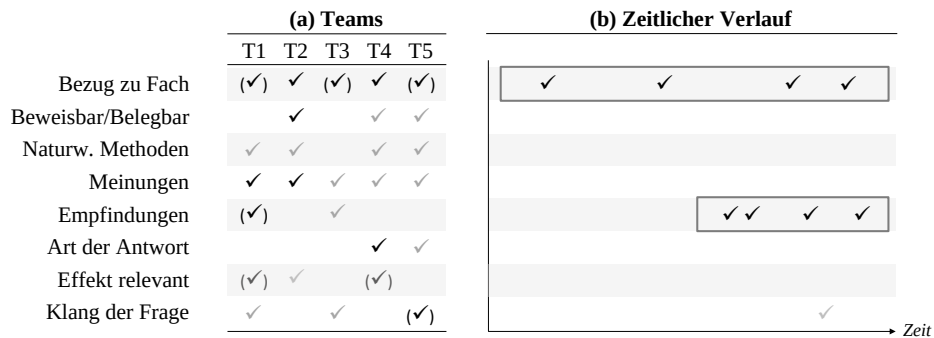


Abb. 1. Ausgewählte Obergruppen der Inhaltsaspekte (vertikal) für (a) die untersuchten Teams bei allen Aufgaben (T1–T5) und (b) eine Schülerin im zeitlichen Verlauf (ca. 13 Min.).

✓ (schwarz): (Nur) vor dem Informationstext geäußerte Inhaltsaspekte.

✓ (grau): Nur nach dem Informationstext geäußerte Inhaltsaspekte.

### Diskussion und Ausblick

In der Untersuchung von Vorstellungen zu einem eng-umrissenen Aspekt des Experimentierens (Kennzeichen naturw. Fragen) ergibt sich, sogar bei der Zusammenfassung von Inhaltsaspekten zu Obergruppen, eine große inhaltliche Vielfalt von Vorstellung (sowohl innerhalb der Teams als auch bei den Individuen) sowie eine große zeitliche Variabilität. Dies deutet darauf hin, dass eine für die Vorstellungsforschung übliche Verdichtung auf wenige, teilweise als stabil angenommene Vorstellungen (siehe von Aufschnaiter & Rogge, 2015) zumindest für experimentbezogene Vorstellungen fragwürdig erscheint. Zudem zeigt sich, dass Informationstexte nicht notwendigerweise zum Ablegen voriger (unangemessener) und Annehmen neuer (richtiger) Vorstellungen führen. Zwar liegt zwischen den Teams hinsichtlich der Obergruppen nach dem Infotext weniger Varianz vor, allerdings unterscheiden sich die einzelnen Vorstellungen nach dem Infotext in ihrer fachlichen Angemessenheit deutlich von diesem. Da die Befunde aus einem kurzen Zeitfenster stammen, stellt sich daran anknüpfend u. a. die Frage, ob die SuS ein angemessenes Verständnis der angebotenen Vorstellungen bspw. (a) erst im Laufe weiterer Übungsgelegenheiten entwickeln oder (b) bei den kurzfristig generierten Vorstellungen bleiben. Daraus ließen sich dann Implikationen für Unterricht (für a bspw. vmtl.: Konzentration auf wenige Vorstellungen mit vielen Übungsgelegenheiten) ableiten. Aktuell werden weitere Teams analysiert, auch um erste Hinweise auf Zusammenhänge von Vorstellungen (im Lernprozess) und Kompetenzzuwächsen (Post–Prä) zu erhalten.



### Literatur

- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A. & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65–83.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). Beltz Pädagogik. Weinheim: Beltz.
- Rogge, C. (2010). *Entwicklung physikalischer Konzepte in aufgabenbasierten Lernumgebungen*. Berlin: Logos.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München: Luchterhand.
- von Aufschnaiter, C. & Hofmann, J. (2014). Kompetenz und Wissen. Wechselseitige Zusammenhänge und Konsequenzen für die Unterrichtsplanung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 67(1), 10–16.
- von Aufschnaiter, C. & Rogge, C. (2015). Conceptual Change in Learning. In R. Gunstone (Hrsg.), *Encyclopedia of science education* (S. 209–218). Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
- Vorholzer, A. (2016). Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes. Berlin: Logos.
- Vorholzer, A. (2017). Lernaufgaben zu fachmethodischen Kompetenzen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 70(2), 83–89.

Michael Szogs  
Christina Kobl  
Miriam Volmer  
Friederike Korneck

Goethe-Universität Frankfurt  
Universität Regensburg  
Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Goethe-Universität Frankfurt

## **Bedeutsamkeit von Reflexion und Reflexivität in der Professionalisierung von Lehrkräften sowie ihre Beziehung zu anderen Prozessen und Konstrukten**

### **Reflexion und Reflexivität**

Reflexion gilt als wesentlicher Bedingungsfaktor der Kompetenzentwicklung bzw. Professionalisierung von (angehenden) Lehrkräften, sodass die Reflexionsfähigkeit eine zentrale Komponente Professioneller Kompetenz darstellt (Hiebert, Morris, Berk & Jansen, 2007; KMK, 2014; Atkins & Murphy, 1993). Dieser Beitrag verfolgt das Ziel, die Begriffe der Reflexion und Reflexionsfähigkeit sowie deren Beziehungen zu angrenzenden Konstrukten (Professionelle Unterrichtswahrnehmung, Feedback und Professionelle Kompetenz) darzulegen.

In der Professionalisierung nehmen reflexive Prozesse eine Sonderrolle ein, da sie sowohl die Eigenschaften als auch die Handlungen von Lehrpersonen prägen. Um dies zu explizieren, ergänzt Linninger (2016) das Modell Professioneller Kompetenz (Baumert & Kunter, 2006) um die Fähigkeit und Bereitschaft zur Reflexion als dispositionale Eigenschaft einer Lehrperson und grenzt den Reflexionsprozess als Nutzung einer Lerngelegenheit ab. Die Fähigkeit und Bereitschaft zur Reflexion lässt sich als *Reflexivität* (Heiner, 2004) bezeichnen, den Reflexions- bzw. Lernprozess selbst nennt Linninger (2016) *Reflexion*.

Die *Bereitschaft zur Reflexion* stellt sich durch das Ausmaß dar, inwiefern eine Lehrperson selbstgesteuert Möglichkeiten zur Entwicklung ihrer Professionellen Kompetenz sucht und diese zu realisieren versucht, um ihr zukünftiges professionelles Handeln zu verbessern. Die *Reflexionsfähigkeit* bedingt, wie gut die einzelnen *Reflexionen* dann umgesetzt werden können (Linninger, 2016; Schön, 1983; Graham & Phelps, 2003; Hiebert et al., 2007; Korthagen & Vasalos, 2005). Da es sich hierbei um selbstverantwortliche Regulationsprozesse unter metakognitiver Kontrolle handelt, ist die *Reflexivität* im Kompetenzmodell als selbstregulative Fähigkeit einzuordnen (Linninger, 2016; Pintrich, 2002).

*Reflexion* beschreibt den auf kognitiver Ebene stattfindenden, kritischen und wissensbasierten Prozess, sich mit einem bestimmten Gegenstand oder Inhalt auseinanderzusetzen, um das Ziel eines Erkenntnisgewinns in Bezug auf den Reflexionsgegenstand sowie eine (Weiter-) Entwicklung eigener Kompetenz und Performanz zu erreichen. Bei einer *Reflexion* lassen sich die aufeinanderfolgenden Phasen des Bewusstwerdens einer Situation, ihrer Beschreibung, ihrer Bewertung und das Generierens von Handlungsoptionen in zukünftigen ähnlichen Situationen unterscheiden (Linninger, 2016; Roters, 2012; Atkins & Murphy, 1993; Dewey, 1910). Die Professionalisierung weist dabei einen zirkulären Charakter auf, indem durch ein sich wiederholendes Durchlaufen von Handlung und *Reflexion* eine stetige Weiterentwicklung der Professionellen Kompetenz erreicht werden kann (Korthagen, 2002).

*Reflexion* lässt sich aus lerntheoretischer Sicht als ein (ko-)konstruktivistischer Prozess verstehen (Linninger, 2016; Richardson, 1997). Die reflektierende Person konstruiert während einer *Reflexion* aktiv neue Erkenntnisse und kann dabei durch Informationen und Anregungen aus ihrer sozialen Umwelt unterstützt werden (Linninger, 2016; Boyd & Fales, 1983). Die Analyse des Unterrichts durch die Ko-Konstrukteure, z. B. Peers oder Mentoren, weist dabei denselben Prozesscharakter einer *Reflexion* auf und dient daher nicht nur der reflektierenden Person als Unterstützung und ergänzende Informationsquelle, sondern kann auch die Kompetenzentwicklung der anderen Akteure positiv beeinflussen.

### Eigenschaften von Reflexion

Neben den eingangs aufgeführten übergeordneten Merkmalen einer *Reflexion* (z. B. wissensbasiert, Prozesscharakter, Entwicklung als Ziel) lassen sich weitere Eigenschaften identifizieren, mittels derer *Reflexionen* charakterisiert werden können: der zeitliche Bezug zur Handlung, der Reflexionsinhalt, die Reflexionstiefe, die teilnehmenden Personen, die Modalität, die Offenheit der Reflexion sowie das reflektierte Medium.

Schön (1983) unterscheidet hinsichtlich des *zeitlichen Bezugs zur Handlung* die reflection-in-action (Analysieren und Anpassen des aktuellen Handelns), reflection-on-action (Analysieren zurückliegenden Handelns mit dem Ziel der Optimierung zukünftigen Handelns), wobei erstere als situationsspezifische Fähigkeit auch der Professionellen Unterrichtswahrnehmung zugeordnet werden kann (s. u.).

Hinsichtlich des *Reflexionsinhalts* sind zunächst unterschiedliche *Ebenen* zu unterscheiden, welche adressiert werden können (Linninger, 2016). Neben unterschiedlichen Lehrertätigkeiten, wie dem Unterrichten, dem Vorgehen bei der Unterrichtsplanung oder der *Reflexion* von Unterricht selbst können in einer *Reflexion* auch abstraktere Ebenen, wie die Lehrerrolle, die Professionelle Kompetenz oder die Professionalisierung adressiert werden. Bezogen auf das Unterrichten selbst lassen sich weitere Differenzierungen, wie das Reflektieren der Sicht- und Tiefenstruktur oder z. B. konkreter Unterrichtsqualitätsmerkmale, vornehmen. Wie durch Stufenmodelle abgebildet, können *Reflexionen* weiterhin in ihrer *Tiefe* verschiedenartig ausgeprägt. Oftmals werden *Reflexionen* nur dann als gelungen bewertet, wenn über eine reine Deskription hinaus eine Interpretation und Bewertung einer Situation erfolgen und zudem Handlungsoptionen generiert werden (z. B. Wyss, 2013).

Eine weitere Unterscheidung ist durch die *teilnehmenden Personen* gegeben, wobei sich neben der Selbst- und Fremdrelexion auch die anwesenden Personen (z. B. Peers oder Mentoren) unterscheiden lassen (Roters, 2012).

Das repräsentierende *Medium* des Unterrichts kann der eigene oder live beobachtete Unterricht sein, aber auch Videoaufzeichnungen, (Text-)Vignetten oder ähnliches. Bezüglich der *Modalität* einer Reflexion sind schriftliche und verbale bzw. dialogische Formen typisch. Dabei kann die *Offenheit* in einem Spektrum von stark geleitet (z. B. durch maßgebende Leitfragen) bis sehr offen (keine Vorgaben) liegen.

### Angrenzende Konstrukte und die Rolle von Reflexion in der Professionalisierung

Sind mehrere Personen an einer *Reflexion* beteiligt, hat dies nach dem oben beschriebenen Ko-Konstruktionsprozess unterschiedliche Auswirkungen. „Reflexion im Lehrberuf ist anspruchsvoll und kann nicht als selbstinitiiert erwartet werden“ (Wyss, 2013, S. 22), wobei eine gemeinsame *Reflexion* die *Bereitschaft* zu reflektieren erhöht (Zeichner & Liston, 1996). Gleichzeitig kann die reflektierende Person von außen eine ihre *Reflexionsfähigkeit* ergänzende Unterstützung erhalten. Gemeinsame *Reflexion* weist zwar einen gewissen Feedbackcharakter auf (Kobl & Tepner, 2018), erfüllt jedoch klassische Merkmale von Feedback nach Hattie & Timperley (2007) nur bedingt. Hierzu ist jeweils zu bewerten, inwiefern das Reflexionsgespräch eher durch einen instruktiven oder gemeinsam abwägenden Charakter geprägt ist.

Die *Reflexion* von Unterricht hängt besonders eng mit der Professionellen Unterrichtswahrnehmung zusammen, da die beiden Konstrukte einerseits einen ähnlichen Prozesscharakter aufweisen und sich andererseits gegenseitig bedingen. Wie auch die *Reflexion* lässt sich die Professionelle Unterrichtswahrnehmung als wissensbasierter, kognitiver und kritischer Analyseprozess mit besonderer Bedeutung für das Unterrichtshandeln beschreiben, welcher die Schritte des Bewusstwerdens, Erkennens, Interpretierens und gegebenenfalls der Generierung von Handlungsoptionen aufweist (Seidel & Stürmer, 2014; Sherin & van Es, 2009).

Der grundlegende Unterschied zwischen der *Reflexion* und der Professionellen Unterrichtswahrnehmung liegt im zeitlichen Bezug zur Handlung (Meschede, 2014). Bei der Professionellen Unterrichtswahrnehmung handelt es sich um eine „in-the-moment analysis“ (van Es, 2012, S. 185), die das Ziel aufweist, noch in der (Problem-)Situation selbst eine angemessene Lösungsstrategie zu entwickeln (Barth, 2016; Meschede, 2014). Mit Ausnahme der reflection-in-action finden die Analyseprozesse einer *Reflexion* erst nach der jeweiligen abgeschlossenen Situation statt und haben nicht das Ziel, ihre Ergebnisse unmittelbar zu nutzen, sondern einen Lernvorgang aus vorangegangenen Erfahrungen zu initiieren (Linninger, 2016; Meschede, 2014).

Dabei bedingen sich *Reflexion* und Professionelle Unterrichtswahrnehmung gegenseitig. Zum einen ist das Wahrnehmen lernrelevanter Situationen (noticing) der erste Schritt und die Grundlage über diese zu reflektieren, zum anderen kann die *Reflexion* nach dem Unterricht die Wahrnehmung zukünftiger Situationen beeinflussen (Meschede, 2014; Mason, 2011).

Neben der Professionellen Unterrichtswahrnehmung ist die *Reflexion* mit vielseitigen weiteren Aspekten Professioneller Kompetenz, oftmals ebenfalls interdependent, verknüpft. Ein Beispiel stellt die Wissensbasierung von Reflexionsprozessen und die gleichzeitige Abhängigkeit des Aufbaus professionellen Wissens von der *Reflexivität* der Lehrperson dar. Ein weiteres Beispiel stellen Überzeugungen dar, die als Filter bei der Unterrichtswahrnehmung und Interpretation während der *Reflexion* wirken (Voss, Kleickmann, Kunter & Hachfeld, 2011; Fives & Bühl, 2012) und gleichzeitig selbst durch diese beeinflusst werden können.

Insgesamt wird erwartet, dass (angehende) Lehrpersonen mit einer hohen *Reflexivität* häufige und produktive *Reflexionen* durchführen, die zu einer stetigen Weiterentwicklung ihrer Professionellen Kompetenz (und damit wiederum ihrer *Reflexivität*) und ihres Handelns führen. Während jedoch die Bedeutsamkeit von *Reflexion* als zentrale Größe in der Professionalisierung von Lehrpersonen als unumstritten gilt (Clarke & Hollingsworth, 2002; Hiebert et al., 2007; Korthagen & Vasalos, 2005), ist eine empirische Überprüfung dieser normativen Annahme in weiten Teilen ausstehend und rückt erst jetzt verstärkt in den Fokus (Linninger, 2016). In diesem Sinne wurde im Rahmen der GDGP-Jahrestagung 2018 ein Symposium zu diesem Themenkomplex organisiert.

### **Überblick der Symposiumsbeiträge**

Die vier Beiträge dieses Symposiums haben das Ziel, die theoretischen Annahmen zu Reflexivität und Reflexion empirisch weiter zu untersuchen.

Im ersten Beitrag von Volmer, Pawalzik, Todorova und Windt (in diesem Band) werden die Evaluation eines das Praxissemester begleitendes Seminar zur Selbst- und Fremdrelexion von Sachunterricht und erste Ergebnisse zur Verbesserung der selbsteingeschätzten Reflexionsfähigkeit berichtet.

Von Aufschnaiter, Kost und Fraij haben auf der GDGP-Tagung gezeigt, dass Reflexionen wesentlich durch ihre Rahmenbedingungen, wie dem Reflexionsanlass, der oder dem Mentor(in) und dem Grad strukturierender Hinweise beeinflusst werden und regen eine Reflexion über den Begriff Reflexion und seine Operationalisierung an.

Kobl und Tepner (in diesem Band) dokumentieren einen möglichen Zuwachs der Reflexionsfähigkeit in der universitären Ausbildung von Chemielehrkräften, wobei Lehrkräfte, welche zusätzlich Feedback in der Reflexion erhalten, tendenziell tiefer und spezifischer reflektieren.

Schließlich beschreiben Szogs, Krüger und Korneck (in diesem Band), wie sich die kollegialen Reflexionen von angehenden Physiklehrkräften in einem Microteaching-Seminar auf eine unmittelbare Veränderung ihrer Unterrichtsqualität auswirken.

## Literatur

- Atkins, S. & Murphy, K. (1993). Reflection: A review of the literature. *Journal of Advanced Nursing*, 18, 1188–1192.
- Barth, V. L., (2017). *Professionelle Unterrichtswahrnehmung von Störungen im Unterricht*. Wiesbaden: Springer VS.
- Boyd, E. M. & Fales, A. W. (1983). Reflective learning: Key to learning from experience. *Journal of Humanistic Psychology*, 23(2), 99–117.
- Clarke, D. & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, 18, 947–967.
- Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston, MA: Heath.
- Fives, H., & Buehl, M. M. (2012). Spring cleaning for the “messy” construct of teachers’ beliefs: What are they? Which have been examined? What can they tell us? In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, S. Graham, J. M. Royer, & M. Zeidner (Hrsg.), *APA Educational Psychology Handbook, Vol. 2: Individual differences and cultural and contextual factors* (S. 471–499). Washington: APA.
- Graham, A. & Phelps, R. (2003). 'Being a teacher': Developing teacher identity and enhancing practice through metacognitive and reflective learning processes. *Australian Journal of Teacher Education*, 27(2), 1–14.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.
- Heiner, M., (2004). Professionalität in der sozialen Arbeit. Theoretische Konzepte, Modelle um empirische Perspektive. Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Hiebert, J., Morris, A. K., Berk, D. & Jansen, A. (2007). Preparing teachers to learn from teaching. *Journal of Teacher Education*, 58, 47–61.
- Kobl, C. & Tepner, O. (2018). Förderung der Reflexionskompetenz von Chemielehramtsstudierenden. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 908–911). Regensburg: Universität Regensburg.
- Korthagen, F. A. J. (2002). Eine Reflexion über Reflexion. In F. A. J. Korthagen, J. Kessels, B. Koster, B. Lagerwerf & T. Wubbels (Hrsg.), *Schulwirklichkeit und Lehrerbildung* (S. 55–73). Hamburg: EB-Verlag.
- Korthagen, F. A. J. & Vasalos, A. (2005). Levels in reflection: Core reflection as a means to enhance professional growth. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 11, 47–71.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2014). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 12.06.2014.
- Linninger, C. A. (2016). *Reflexion bei angehenden Lehrkräften: Bedeutung und Förderung im Professionalisierungsprozess*. Dissertation. Frankfurt am Main: Goethe-Universität.
- Mason, J. (2011). Noticing. Roots and Branches. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Hrsg.), *Mathematics teacher noticing. Seeing through teachers' eyes* (S. 35–50). New York: Routledge.
- Meschede, N. (2014). *Professionelle Unterrichtswahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 163). Berlin: Logos.
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Hrsg.), *Handbook of self-regulation* (S. 451–502). San Diego, CA: Academic Press.
- Richardson, V. (1997). Constructivist teaching and teacher education: Theory and practice. In V. Richardson (Hrsg.), *Constructivist teacher education: Building new understandings* (S. 3–14). London: Falmer Press.
- Roters, B. (2012). *Professionalisierung durch Reflexion in der Lehrerbildung. Eine empirische Studie an einer deutschen und einer US-amerikanischen Universität*. Münster: Waxmann.
- Seidel, T. & Stürmer, K. (2014). Modeling and measuring the structure of professional vision in preservice teachers. *American Educational Research Journal*, 51, 739–771.
- Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision. *Journal of Teacher Education*, 60, 20–37.
- van Es, E. A. (2012). Examining the development of a teacher learning community: The case of a video club. *Teaching and Teacher Education*, 28 (2), 182–192.
- Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M. & Hachfeld, A. (2011). Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In: M. Kunter et al. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 235–258). Münster: Waxmann.
- Wyss, C. (2013) *Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften*. Münster: Waxmann.
- Zeichner, K. M. & Liston, D. P. (2014). *Reflective teaching: An introduction* (2. Aufl.). London: Routledge.

*Förderhinweis: “Level – Lehrerbildung vernetzt entwickeln” wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert*

Miriam Volmer  
Janina Pawelzik  
Maria Todorova  
Anna Windt

Universität Münster

## **Reflexionskompetenz von Sachunterrichtsstudierenden im Praxissemester**

### **Ausgangslage und Zielsetzung**

Die Bedeutung der Reflexionskompetenz für die Professionalität von Lehrpersonen ist unumstritten (Roters, 2012). Sie ermöglicht eine Weiterentwicklung des professionellen Handelns und Wissens durch eine reflexive Betrachtung von Unterricht. Studierende scheinen allerdings über eine geringe kritische Distanz zum eigenen Handeln als auch Handeln anderer Lehrpersonen zu besitzen (Rothland, 2014), welches sich in einem eher geringen Reflexionsniveau widerspiegelt (Lüsebrink & Grimminger, 2014; Wyss, 2013). Daher ist eine Förderung der Reflexionskompetenz von Studierenden notwendig. Mit diesem Ziel wird im Rahmen des Projekts eine Begleitveranstaltung zum Praxissemester entwickelt und evaluiert.

### **Reflexion von Unterricht und die Möglichkeiten ihrer Förderung**

#### *Definition und Modellierung von Reflexionsprozessen*

Mit dem Verständnis von Reflexion als eine bewusste Art des Denkens, um Probleme kognitiv zu strukturieren und Schlussfolgerungen für zukünftiges Handeln zu ziehen (Schön, 1983; Roters, 2012), werden zwei Dimensionen der Unterrichtsreflexion deutlich: eine Rückschau auf bereits erfolgte Handlungen und eine Vorausschau auf den zukünftigen Unterricht (Leonhard & Rihm, 2011; Roters, 2012). Reflexionsprozesse werden überwiegend als zyklischer Ablauf dargestellt (Korthagen et al., 2002; Krieg & Kreis, 2014). Das Modell von Krieg und Kreis (2014) bildet dabei die beiden Dimensionen der Unterrichtsreflexion ab: In einer rückblickenden Reflexion wird eine Beschreibung und Bewertung der erfolgten Situation vorgenommen. Ausgehend davon werden Ursachen zur Erklärung der Handlung formuliert und mit eigenen Erfahrungen sowie wissenschaftlichen Theorien angereichert. Die daran anschließende vorausschauende Reflexion umfasst eine Formulierung von Handlungsoptionen für zukünftiges Unterrichten, bei der ebenfalls konkrete Bedingungen und Kriterien festgelegt werden, die für das Gelingen der Handlungsoption relevant sind. Dieser Handlungsplan wird schließlich in der Praxis erprobt. Zur Analyse von Unterrichtsreflexionen werden diese Reflexionselemente (z.B. Beschreibung, Bewertung oder Handlungsalternativen) in Stufenmodelle überführt, um die Reflexionsqualität zu beschreiben (Hatton & Smith, 1995; Leonhard & Rihm, 2011). Die Tiefe der Unterrichtsreflexionen entspricht damit der höchsten erreichten Niveaustufe.

#### *Forschungsbefunde*

Studienergebnisse auf Basis von Stufenmodelle zeigen, dass Studierende meist auf einer deskriptiven Ebene der Reflexion verbleiben und nur selten höhere Niveaustufen erreichen (Hatton & Smith, 1995; Wyss, 2013). Reflexionen von Experten hingegen sind meist kritischer und reichhaltiger (Sato, Aktia & Iwakawa, 1993). Eine Steigerung der Reflexionskompetenz von Studierenden scheint allerdings im Rahmen von Hochschulseminaren sowie Praxisphasen möglich zu sein (u.a. Fund, Court & Kramarski, 2002; Wyss, 2013). Zur Messung der Kompetenzentwicklung von Studierenden werden häufig Selbsteinschätzungen genutzt, dessen Befunde nicht immer mit Fremdeinschätzungen (von z.B. betreuenden Lehrpersonen) übereinstimmen, sodass neben der Selbsteinschätzung auch objektive Verfahren zur Messung eingesetzt werden sollten.

In Bezug auf die erzielte Steigerung der Reflexionskompetenz innerhalb von Interventionsstudien haben sich folgende Seminarelemente als förderlich herausgestellt: Zur Anregung von Reflexionsprozessen scheint der Austausch von verschiedenen Ansichten (Linninger, 2016) sowie der Einsatz von Unterrichtsvideos (Wyss, 2013) wirksam zu sein. Zudem kann sich eine Übung in Form einer wiederholten Reflexion förderlich auswirken (Fund, Court & Kramarski, 2002). Im Kontext von Praxisphasen besitzt die Qualität der Betreuung durch die Lehrperson einen hohen Stellenwert (Schubart, Gottmann & Krohn, 2014). Eine lernförderliche Betreuung kann sich durch eine konstruktivistische Form auszeichnen, bei der Studierende zur aktiven Reflexion von Erfahrungen ermutigt (Linninger, 2016) und damit in Unterrichtsnachbesprechungen Anlässe zur selbstständigen Reflexion geschaffen werden (Futter, 2017).

### **Fragestellungen und Hypothesen**

Vor diesem Hintergrund wird in der vorliegenden Studie zum einen untersucht, (1) ob die Reflexionskompetenz von Studierenden durch eine im Rahmen einer Begleitveranstaltung angeleitete Reflexion von Sachunterricht im Verlauf des Praxissemesters gefördert werden kann. Aufgrund bisheriger Forschungsbefunde wird angenommen, dass sowohl eine Förderung der selbsteingeschätzten Reflexionskompetenz (RK-Selbst) als auch der fremdeingeschätzten Reflexionskompetenz (RK-Fremd) möglich ist und daher die RK-Selbst und RK-Fremd nach der Begleitveranstaltung höher ausfällt als vorher. Darüber hinaus wird der Frage nachgegangen, (2) inwiefern sich Unterschiede in der Reflexionskompetenz der Studierenden zeigen, deren Lehrpersonen an der Begleitveranstaltung teilgenommen haben und der Studierenden, deren Lehrpersonen nicht daran teilgenommen haben. Aufgrund der empirischen Belege zur Bedeutung der Lehrperson wird erwartet, dass die RK-Selbst und RK-Fremd bei der Gruppe mit teilnehmenden Lehrpersonen höher ausfällt als bei der Gruppe ohne teilnehmende Lehrpersonen. Im Ergebnisteil dieses Beitrags werden erste Befunde zur RK-Selbst berichtet.

### **Methode**

#### *Design*

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurde am Institut für Didaktik des Sachunterrichts der WWU Münster eine Begleitveranstaltung zum Praxissemester entwickelt, deren Konzept auf in der Forschung empirisch bestätigten förderlichen Elementen für die Entwicklung der Reflexionskompetenz basiert. Innerhalb der Begleitveranstaltung wird ein Reflexionskreislauf (i.A.a. Krieg & Kreis, 2014) videobasiert erarbeitet, auf den Schulalltag im Praxissemester übertragen und schließlich auf ein eigenes Unterrichtsvideo angewendet. Die Studierenden arbeiten dabei entweder in einem Peer-Tandem oder mit ihrer betreuenden Lehrperson zusammen. Diese Form der Zusammenarbeit ist zugleich das einzige Element, welches die Veranstaltung für Studierende mit und ohne teilnehmende Lehrperson unterscheidet.

#### *Instrumente*

Zur Einschätzung der RK-Fremd wurden offen gestaltete, schriftliche Reflexionen über ein fremdes Video aus dem naturwissenschaftlichen Sachunterricht mit Hilfe des zuvor erarbeiteten Reflexionskreislaufs durchgeführt. Die RK-Selbst wurde mit einem selbst entwickelten Paper-Pencil-Fragebogen mit 24 Items erfasst, die auf einer 5-stufigen Rating-Skala (1 – „stimmt gar nicht“, 5 – „stimmt völlig“) zu bewerten sind. Die Skala weist dabei eine gute Reliabilität auf ( $\alpha_{t_1 - t_2} = .92 - .93$ ).

Die schriftlichen Unterrichtsreflexionen (RK-Fremd) der Studierenden sollen mit Hilfe eines Kategoriensystems ausgewertet werden, welches aktuell im Projekt entwickelt wird. Neben dem Vorhandensein von bestimmten Reflexionselementen (s.o.), soll zusätzlich die Angemessenheit der Reflexionsinhalte in Bezug auf das Unterrichtsvideo eingeschätzt

werden. Ein Punktesystem soll dabei eine quantitative Auswertung der RK-Fremd ermöglichen. Im Rahmen einer Pilotstudie im WS 2017/18 wurden die Instrumente sowie das Seminarkonzept erprobt.

#### Pilotstudie

Insgesamt haben 32 Sachunterrichtsstudierenden der WWU Münster ( $M(SD) = 24.6(4.1)$  Jahre) an der Pilotstudie teilgenommen. Von diesen wurden sechs Studierende durch ihre betreuende Sachunterrichtslehrperson während der Veranstaltung begleitet. Zu Beginn der Veranstaltung unterschieden sich die Studierenden mit und ohne begleitende Lehrperson nicht signifikant hinsichtlich der RK-Selbst. Ebenso zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen teilnehmenden und nicht teilnehmenden Lehrpersonen bezüglich der RK-Selbst und dem Interesse an der Betreuung von Studierenden.

#### Pilotierungsergebnisse und Diskussion

(1) In Bezug auf den Prä-Post-Vergleich hinsichtlich der RK-Selbst zeigt eine Varianzanalyse mit Messwiederholung (ANOVA) einen signifikanten Unterschied über die Zeit mit einem großen Effekt ( $F(1,31)=7.975, p<.01, \eta_p^2=.205$ ).

Auf Basis dieser Ergebnisse kann die Annahme bestätigt werden, dass eine Steigerung der RK-Selbst im Verlauf des Praxissemesters möglich zu sein scheint. Mit Hilfe eines Kontrollgruppen-Vergleichs wird in der Hauptstudie ( $N \approx 130$ ) untersucht, ob diese Steigerung tatsächlich auf das Seminar und damit auf die förderlichen Elemente zur Entwicklung der Reflexionskompetenz (s.o.) zurückzuführen ist.

(2) Bezüglich der Unterschiede zwischen Studierenden mit und ohne teilnehmende Lehrperson wurde aufgrund der geringen Stichprobengröße der Wilcoxon-Vorzeichenrangtest (festgelegtes Signifikanzniveau  $p = .10$ ) verwendet. In Abbildung 1 sind die Ergebnisse für die beiden Messzeitpunkte vor und nach dem Praxissemester (PS) für die Gruppen mit und ohne betreuende Lehrperson (LP) dargestellt.

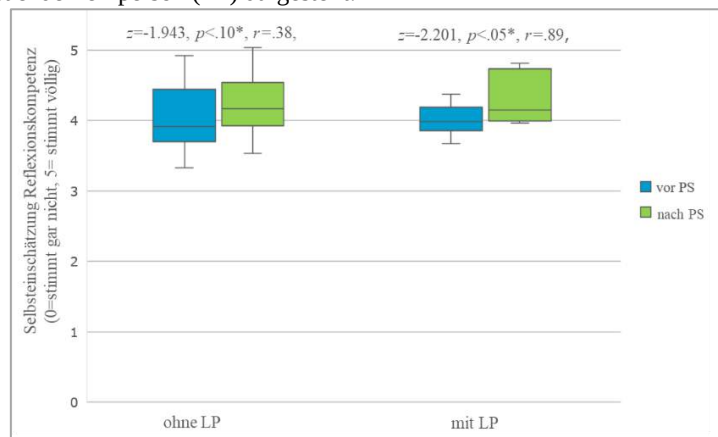


Abb. 1 Entwicklung der RK-Selbst in den Gruppen mit/ohne begleitende Lehrperson

Sowohl für die Gruppe mit als auch ohne begleitende Lehrperson ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten. Deskriptiv ist eine unterschiedliche Entwicklung der RK-Selbst zugunsten der Gruppe mit begleitender Lehrperson zu erkennen. Diese Tendenz kann als erster Hinweis auf den möglichen Einfluss der begleitenden Lehrperson auf die Entwicklung der RK-Selbst verstanden werden. Neben diesem Faktor werden in der Hauptstudie auch die Lerngelegenheiten im Praxissemester in den Blick genommen.



### Literatur

- Fund, Z., Court, D. & Kramarski, B. (2002). Construction and Application of an Evaluative Tool To Assess Reflection in Teacher-Training Courses. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 27 (6), 485-499.
- Futter, K. (2017). Lernwirksame Unterrichtsbesprechungen im Praktikum. Dissertation
- Hatton, N. & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education. Towards definition and implementation. *Teaching and Teacher Education*, 11 (1), 33-49
- Korthagen, F. A. J., Kessels, J., Koster, B., Lagerwerf, B. & Wubbels, T. (2002). Schulwirklichkeit und Lehrerbildung. Reflexion der Lehrertätigkeit. Hamburg: EB-Verl
- Krieg, M. & Kreis, A. (2014). Reflexion in Mentoringgesprächen - ein Mythos? *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 9 (1), 103-117
- Leonard, T. & Rihm, T. (2011). Erhöhung der Reflexionskompetenz durch Begleitveranstaltungen zum Schulpraktikum? - Konzeption und Ergebnisse eines Pilotprojekts mit Lehramtsstudierenden. In J. Mayr & B. Nieskens (Hrsg.), *Ein Lehramtsstudium beginnen: Laufbahnberatung, Bewerberauswahl und erste Schritte im Qualifizierungsprozess (Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 4, (1) Themenheft). Landau in der Pfalz: Verl. Empirische Pädagogik
- Linninger, C. (2016). Reflexion bei angehenden Lehrkräften: Bedeutung und Förderung im Professionalisierungsprozess. Dissertation. Wolfgang-Goethe-Universität, Frankfurt am Main
- Lüsebrink, I. & Grimminger, E. (2014). Fallorientierte Lehrer/innenausbildung evaluieren - Überlegungen zur Modellierung von unterrichtsbezogener Reflexionskompetenz. In I. Pieper, P. Frei, K. Hauenschild & B. Schmidt-Thieme (Hrsg.), *Was der Fall ist. Beiträge zur Fallarbeit in Bildungsforschung, Lehramtsstudium, Beruf und Ausbildung* (S. 201-211). Wiesbaden: Springer VS
- Roters, B. (2012). Professionalisierung durch Reflexion in der Lehrerbildung. Eine empirische Studie an einer deutschen und einer US-amerikanischen Universität (Studien zur international und interkulturell vergleichenden Erziehungswissenschaft, Bd. 12). Münster: Waxmann
- Rothland, M. & Boecker, S. K. (2014). Wider das Imitationslernen in verlängerten Praxisphasen. Potenzial und Bedingungen des Forschenden Lernens im Praxissemester. *DDS - Die Deutsche Schule*, 106 (4)
- Sato, M., Akita, K. & Twakawa, N. (1993). Practical Thinking Styles of Teachers: A Comparative Study of Expert and Novice Thought Processes and Its Implications for Rethinking Teacher Education in Japan. *Peabody Journal of Education*, 68 (4), 100-110
- Schön, D. A. (1983): *The reflective practitioner. How professionals think in action*. New York
- Schubarth, Gottmann & Krohn (2014). Wahrgenommene Kompetenzentwicklung im Praxissemester und dessen berufsorientierende Wirkung: Ergebnisse der ProPrax-Studie. In K.H. Arnhold, A. Gröschner & T. Hascher (Hrsg.), *Schulpraktika in der Lehrerbildung. Theoretische Grundlagen, Konzeptionen, Prozesse und Effekte* (S. 201-219). Münster: Waxmann
- Wyss, C. (2013). Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften (Empirische Erziehungswissenschaft, Band 44). Dissertation. Münster: Waxmann

## Förderung der Reflexionskompetenz von Chemielehramtsstudierenden

### Theoretischer Hintergrund

Lehrer sollen im Sinne der Professionalisierung in der Lage sein, den eigenen Unterricht selbstkritisch zu hinterfragen und Methoden einzusetzen, um ihr unterrichtliches Handeln zu analysieren und so ihre Kompetenzen weiterzuentwickeln (Helmke, 2012). Hierbei erhält die Reflexion, auch in Bezug auf den Einsatz von Videotechnik, einen besonderen Stellenwert (Lehmann & Nieke, 2001; Pauli & Reusser, 2006). Systematisches Reflektieren verläuft nach Korthagen und Kessels (1999) in fünf Schritten: Es beginnt mit einer Handlung (Action), gefolgt von dem Rückblick auf die Handlung (Looking back on the action) mit dem Bewusstwerden wichtiger Aspekte (Awareness of essential aspects). Anschließend werden alternative Handlungsoptionen erarbeitet (Creating alternative methods of action) und diese erneut erprobt (Trial). Mit der Überschneidung der ersten und letzten Phase entsteht ein Spiralmodell mit dessen Hilfe der Reflexionsprozess weitergeführt werden kann (Admiraal & Wubbels, 2005). Bei der Einschätzung der Qualität von Reflexionen können die Reflexionsbreite und die Reflexionstiefe analysiert werden. In Anlehnung an Wischmann (2015) lässt sich die Breite unter anderem in Wissen über Vermittlungsstrategien, über Schülervoraussetzungen und Überzeugungen im Chemieunterricht und zur Selbstwirksamkeitserwartung als Chemielehrer unterteilen. Die Reflexionstiefe wird in diversen Kodiermanualen in eine unterschiedliche Anzahl an Niveaus unterteilt. Basis dieser Studie bilden die vier Reflexionsstufen von Hatton und Smith (1995). Auf der untersten Ebene „descriptive writing“ werden lediglich reine Beschreibungen der Abläufe formuliert. Die zweite Stufe „descriptive reflection“ beinhaltet Ursachen auf Basis persönlicher Urteile oder von Literaturrecherche. Die dritte Stufe „dialogic reflection“ unterscheidet sich von den anderen durch eine Art Diskurs und ein Abwägen des „Für und Widere“. Die höchste Stufe „critical reflection“ beinhaltet schließlich Begründungen unter Einbezug von politischen oder politisch sozialen Überlegungen. Ebenso werden Ziele zum Gegenstand der Reflexionen (vgl. Wischmann, 2015). Da Studierende ein eher geringes Niveau bei der Reflexion von Unterricht aufweisen (Wyss, 2013), wurde ein Seminar zur Förderung der Reflexionskompetenz konzipiert. Feedback besitzt hierbei einen wichtigen Einfluss auf (Selbst-) Reflexionsvorgänge und wird teilweise als Bestandteil des Reflexionsprozesses verstanden (Friebe, 2010). Es wirkt laut Hattie und Timperley (2007) auf drei Ebenen (Ebene der Aufgabe, des Lernprozesses und der Selbstregulation), welche aufeinander aufbauen. Die Herausforderung besteht darin, die zum jeweiligen Lernstand passende – oder darüber liegende – Stufe des Feedbacks auszuwählen. In der Studie werden die Wirkungen von Selbstreflexion, Fremdreiflexion und Reflexion nach erhaltenem Feedback verglichen.

### Ziele der Arbeit

- Entwicklung eines universitären Seminarkonzepts zur Förderung der Reflexionskompetenz von Chemielehramtsstudierenden
- Entwicklung eines Tests zur Erfassung der Reflexionskompetenz von Chemielehramtsstudierenden
- Entwicklung und Evaluation eines Kodiermanuals zur Erfassung der Reflexionstiefe und Reflexionsbreite
- Vergleich des Zuwachses an Reflexionskompetenz bei Selbstreflexion vs. Feedback vs. Fremdreiflexion

### Hypothesen

- H1 Durch das universitäre Seminar wird die Reflexionskompetenz der Studierenden gesteigert.
- H2 Der Lernzuwachs bezüglich Reflexionskompetenz ist bei der Feedback-Gruppe höher als bei den Vergleichsgruppen.
- H3 Die Reflexionskompetenz der Studierenden lässt sich mit Hilfe des entwickelten Kodiermanuals objektiv, reliabel und valide erfassen.

### Design und Methoden

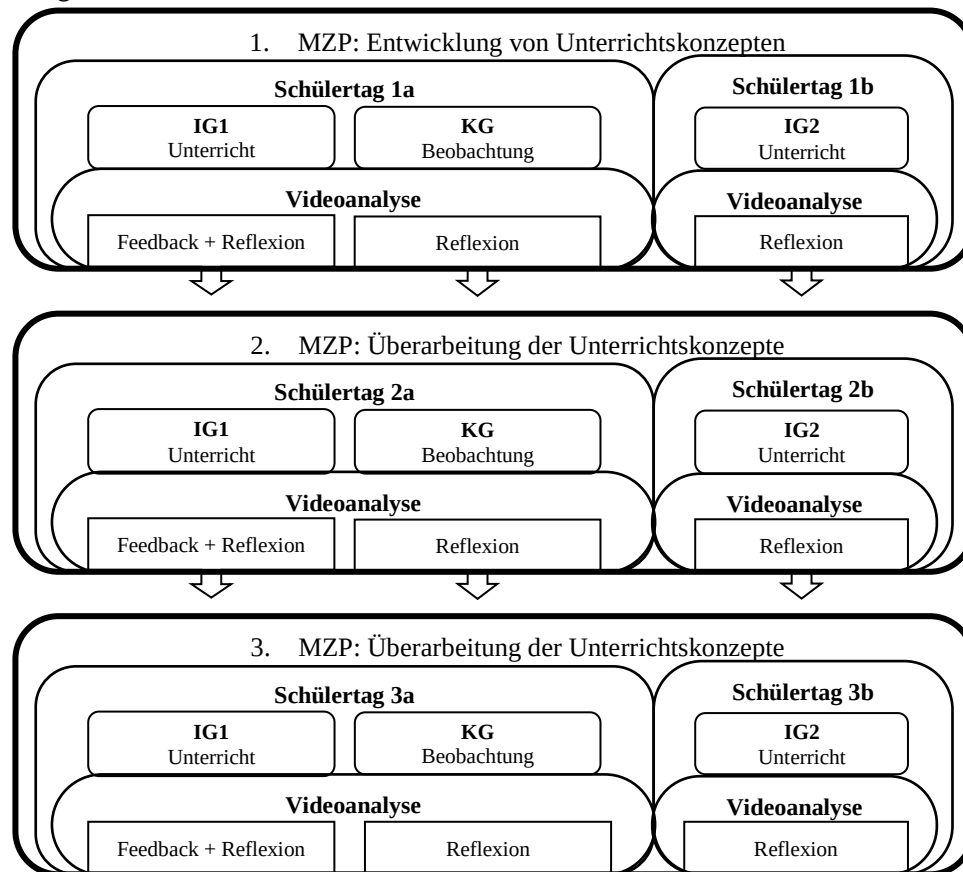


Abb. 1: Ablauf des universitären Seminars

Das in Abbildung 1 dargestellte Seminar beginnt auf Seiten der Studierenden mit einer Vorerhebung durch Paper-Pencil-Tests, welche Reflexionswissen, fachdidaktisches Wissen, Fachwissen zum Thema Stofftrennung, Zielorientierungen, fachspezifische Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen beinhaltet. In Anlehnung an das Projekt von Anthofer (2017) erhalten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer ihr Stundenthema mit verpflichtendem Schülerversuch, eine theoretische Einheit zur Planung von Unterricht und Reflexion und bereiten im Anschluss eine Unterrichtsstunde vor. Diese wird an einem Schülertag gehalten und videografiert, im Anschluss analysiert und schriftlich reflektiert, überarbeitet und erneut gehalten. Die Studierenden sind dabei in drei Gruppen nach dem Matched-Pairs-Prinzip auf Basis der Vortestergebnisse unterteilt worden. Die erste Gruppe erhält Feedback eines trainierten Mitarbeiters und reflektiert im Anschluss. Gruppe zwei analysiert die Stunde nur

durch Selbstreflexion. Eine Kontrollgruppe beobachtet die Schülertage der ersten Gruppe, erhält die entsprechenden Videos und reflektiert im Anschluss die eigens geplanten Stunden, ohne den Unterricht selbst zu halten. Über drei Messzeitpunkte werden hierdurch sowohl die Reflexionsstufen von Korthagen (1999) als auch das Prinzip der Learning studys (Wood & Sithamparam, 2014) umgesetzt. Die Schülertage 2 und 3 verlaufen analog zu Schülertag 1 und werden mit anderen Klassen durchgeführt. In einer Nacherhebung am Ende des Seminars werden Posttests und nach Ablauf von ca. zwei Monaten Follow-Up-Tests durchgeführt. Die Schülertage finden im Lehr-Lern-Labor der Chemiedidaktik der Universität Regensburg statt. Dabei wird Chemieanfangsunterricht entweder im naturwissenschaftlich-technischen Zweig in der achten Jahrgangsstufe oder im nicht-naturwissenschaftlich-technischen Zweig in der neunten Jahrgangsstufe nach bayerischen Lehrplänen erteilt. In Pretests werden kognitive Fähigkeiten, Fachwissen und das Fachinteresse der Schülerinnen und Schüler erfasst. Direkt nach jeder Stunde wird das jeweilige Fachwissen in Form eines Kurztests erhoben. Dieses wird ebenso im Follow-Up-Test ca. 2 Monate nach dem Schülertag erneut gemessen.

### Bisherige Ergebnisse

Tab. 1: Ergebnisse der Tests

| Quantitative Daten                                                      | Feedback                                 | Selbstreflexion                          | Kontrollgruppe                           |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Reflexionskompetenztest</b><br>Reliabilität: $\alpha = .80$          | $t(19) = -9.36; p < .001;$<br>$d = 3.29$ | $t(20) = -6.12; p < .001;$<br>$d = 1.61$ | $t(16) = -7.84; p < .001;$<br>$d = 2.24$ |
| <b>Fachwissenstest</b><br>Reliabilität: $\alpha = .72$                  | $t(19) = -3.23; p = .004;$<br>$d = 0.77$ | $t(20) = -4.89; p < .001;$<br>$d = 1.30$ | $t(16) = -4.80; p < .001;$<br>$d = 1.10$ |
| <b>Test zum fachdidaktischen Wissen</b><br>Reliabilität: $\alpha = .80$ | $t(19) = -0.66; p = .520$                | $t(20) = -0.78; p = .445$                | $t(16) = -3.60; p = .002;$<br>$d = 0.58$ |
| <b>Selbstwirksamkeitserwartung</b>                                      |                                          |                                          |                                          |
| <b>Planung von Experimenten</b><br>Reliabilität: $\alpha = .71$         | $t(19) = 2.22; p = .039;$<br>$d = -1.11$ | $t(20) = 2.16; p = .043;$<br>$d = -0.44$ | $t(16) = 1.48; p = .159$                 |
| <b>Durchführung von Experimenten</b><br>Reliabilität: $\alpha = .78$    | $t(19) = 4.11; p = .001;$<br>$d = -1.03$ | $t(20) = 1.75; p = .095$                 | $t(16) = 2.74; p = .015;$<br>$d = -0.48$ |

Im Vergleich der Gruppen fällt auf, dass jede ihr eigene Stärken entwickelt. Während alle drei Gruppen im Reflexionskompetenztest signifikant dazulernen, schneidet die Feedbackgruppe am stärksten ab. Hierbei ist auch der Unterschied der zwei Interventionsgruppen signifikant ( $t(39) = 2.59; p = .013; d = -0.81$ ). Im Fachwissenstest ist ebenso ein (hoch-)signifikanter Wissenszuwachs in allen Gruppen zu verzeichnen, hierbei profitiert jedoch die Selbstreflexionsgruppe am meisten. Im residualen Lernzuwachs zeigt sich, dass die Feedbackgruppe im Durchschnitt unter den zu erwartenden Werten zurückbleibt, die Selbstreflexionsgruppe die zu erwartenden Werte übertrifft. Im Test zum fachdidaktischen Wissen erreicht die Kontrollgruppe den einzigen signifikanten Wissenszuwachs. Bei der Selbstwirksamkeitserwartung schneidet die Feedbackgruppe sowohl in der Planung von Experimenten als auch bei der Durchführung von Experimenten signifikant besser im Posttest ab. Die Gruppe der Selbstreflektierer kann hierbei nur in der Planung von Experimenten eine signifikante Verbesserung erreichen, die Kontrollgruppe nur in der Durchführung von Experimenten.

### Ausblick

Um die Unterschiede der drei Gruppen in der angewandten Reflexion miteinbeziehen zu können, wird noch die Auswertung des qualitativen Teils abgewartet. Hierbei werden die schriftlichen Reflexionen der Studierenden über die drei Messzeitpunkte mit Hilfe eines erarbeiteten Kodiermanuals analysiert.

### Literaturverzeichnis

- Admiraal, W. & Wubbels, T. (2005). Multiple voices, multiple realities, what truth? Student teachers' learning to reflect in different paradigms. *Teachers and teaching*, 11, 315–329.
- Anthofer, S. (2017). *Förderung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehramtsstudierenden*: Logos Berlin.
- Friebe, J. (2010). Reflexion im Training. *Manager Seminare*.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of educational research*, 77, 81–112.
- Hatton, N. & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. *Teaching and teacher education*, 11, 33–49.
- Helmke, A. (2012). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts (4., überarb. Aufl.). *Seelze: Klett-Kallmeyer*.
- Korthagen, F. A. J. & Kessels, J. P. (1999). Linking theory and practice: Changing the pedagogy of teacher education. *Educational researcher*, 28, 4–17.
- Lehmann, G. & Nieke, W. (2001). Zum Kompetenz-Modell.
- Pauli, C. & Reusser, K. (2006). Von international vergleichenden Video Surveys zur videobasierten Unterrichtsforschung und-entwicklung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52, 774–798.
- Wischmann, F. (2015, 16. Juni). *Mentoring im fachbezogenen Schulpraktikum: Analyse von Reflexionsgesprächen*. Dissertation. Universität Bremen, Bremen.
- Wood, K. & Sithamparam, S. (2014). *Realising learning: Teachers' professional development through Lesson and Learning Study*: Routledge.
- Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften* (Empirische Erziehungswissenschaft, Band 44). Münster: Waxmann.

Michael Szogs  
Marvin Krüger  
Friederike Korneck

Goethe-Universität Frankfurt

## **Veränderung der Unterrichtsqualität durch kollegiale Reflexion**

### **Einleitung und theoretischer Hintergrund**

Reflexion ist als Brücke zwischen theoretischem Wissen und praktischem Handeln zentral im Professionalisierungsprozess (angehender) Lehrkräfte (Korthagen, 2002). Bezogen auf das Modell der Determinanten und Konsequenzen professioneller Kompetenz von Kunter et al. (2011) bestimmen Reflexionen die Nutzung von Lerngelegenheiten und führt bei Gelingen zu einer positiven Entwicklung der professionellen Kompetenz, welche sich wiederum in einer Verbesserung der Qualität zukünftiger Unterrichtssituationen niederschlägt (Szogs, Kobl, Volmer & Korneck, in diesem Band). Somit ist es ein zentrales Ziel der Lehrerbildung die Reflexivität von Lehrpersonen (KMK, 2014; Hiebert et al., 2007) bzw. ihre selbstständige Weiterentwicklung im Beruf zu fördern (Bransford et al., 2005; Hammerness et al., 2005). Eine Reflexion ist beschreibbar als ein mehrschrittiger kognitiver Prozess kritischer Auseinandersetzung mit einem bestimmten Inhalt zum Ziel der Erkenntnisgewinnung und (professionellen) Entwicklung. Bei einem Reflexionsprozess lassen sich die aufeinanderfolgenden Phasen des Bewusstwerdens einer Situation, ihre Beschreibung, ihre Bewertung und das Generieren von Handlungsoptionen in zukünftigen ähnlichen Situationen unterscheiden (Linninger, 2016; Dewey, 1910; Atkins & Murphy, 1993).

Die Reflexionfähigkeit von Lehrpersonen bezüglich ihrer Unterrichtsprozesse zeigt positive Effekte, bspw. auf Lehr-Lern-Überzeugungen und die Entwicklung von Wissen zur Klassenführung (Decker et al., 2015; Voss et al., 2017). Systematische Untersuchungen des Zusammenhangs von Reflexion, Reflexivität und professionellen Unterrichtshandeln sind allerdings ausstehend (Linninger, 2016; Fat'hi & Bezhadpour, 2011).

### **Fragestellung**

Dieser Beitrag untersucht die Güte kollegialer Reflexionsgespräche sowie deren Einfluss auf die unmittelbare Verbesserung der Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte.

### **Methode**

Das Forschungsprojekt ist an ein Microteaching-Seminar gekoppelt, in dem angehende Physiklehrkräfte Unterrichtsminiaturen (12 Minuten) planen und innerhalb eines Tages an kooperierenden Schulen zweimalig unterrichten, jeweils mit der Hälfte einer Klasse der 7. bis 11. Jahrgangsstufe. Die zentrale Stellung eines Experimentes ermöglicht einen kohärenten inhaltlichen Abschluss von Einstieg bis Ergebnissicherung im Sinne einer repräsentativen Raffung von Regelunterricht (Korneck et al., 2016). Nachdem fünf Teilnehmer(innen) unterrichtet haben, folgt eine kollegiale Reflexion der einzelnen Unterrichtsminiaturen. Die Reflexionsgespräche sind so strukturiert, dass zunächst die Lehrperson ihren eigenen Unterricht anhand von Leitfragen reflektiert (Wurde das didaktische Zentrum umgesetzt? Was waren die Stärken und Schwächen des Unterrichts?) und konkreten Beratungsbedarf benennt. Daraufhin analysiert sie den Unterricht in einer kollegialen Reflexion gemeinsam mit neun Peers und zwei Experten (Fachleiter und Physikdidaktikerin) mit dem Ziel, geeignete Handlungsalternativen zu entwickeln, um den Unterricht für den Durchgang mit der zweiten Klassenhälfte zu optimieren. Zum Abschluss des Gespräches fasst die Lehrperson die zentralen Ergebnisse der Reflexion zusammen und beschreibt die geplanten Änderungen.

Sowohl Unterricht als auch Reflexionsgespräch werden videografiert und anschließend ausgewertet. Die Unterrichtsqualität wird bezüglich 21 Subdimensionen hoch-inferent geratet, die im Rahmenmodell der drei Basisdimensionen (Klieme & Rakoczy, 2008; Kunter & Voss, 2011) verortet und durch fachliche Unterrichtsaspekte ergänzt sind. Die einzelnen Sinneinheiten des kollegialen Reflexionsgesprächs werden hinsichtlich ihres Inhalts (adressierte Unterrichtsqualitätsmerkmale, (eigene) Professionalisierung, Merkmale der Sichtstruktur), der Tiefe (Reflexionsschritte) und weiterer Aspekte (Perspektivenwechsel, Begründungen) kodiert.

Die in diesem Beitrag untersuchte Teilstichprobe umfasst ein Seminar mit 20 angehenden Physiklehrkräften, die sich aus Studierenden für das Lehramt an Haupt- und Realschulen, für das Lehramt an Gymnasien sowie gymnasiale Referendar(inn)en zusammensetzen.

### Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 zeigt die Gesamtperformanz (Mittelwert aller Unterrichtsqualitätsfacetten) der 20 Teilnehmer(innen) beider Unterrichtsdurchgänge. Zehn Lehrpersonen zeigen eine Verbesserung, acht sind tendenziell stagnierend und zwei weisen eine Verminderung der Unterrichtsqualität auf. Durchschnittlich ist eine Steigerung der Unterrichtsqualität zwischen dem 1. und 2. Unterrichtsdurchgang festzustellen, die sich vor allem bezüglich struktureller Aspekte konstruktiver Unterstützung sowie der Klassenführung zeigt.

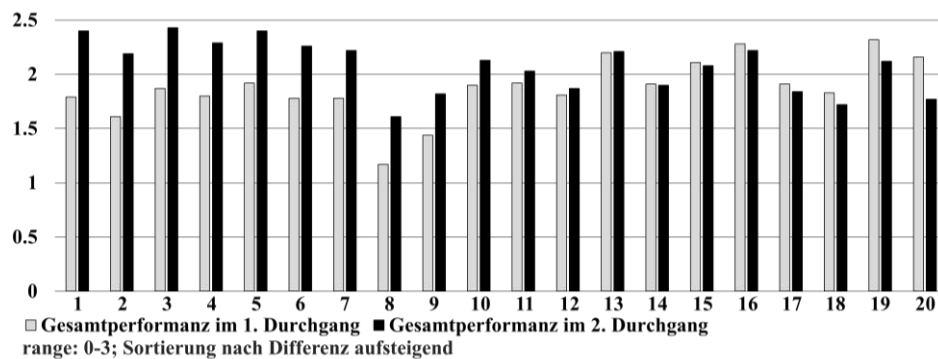


Abb. 1: Unterrichtsqualität im Vergleich für den 1. und 2. Unterrichtsdurchgang

Neben dem globalen Ausmaß an Verbesserung bzw. Verschlechterung unterscheiden sich die Lehrpersonen zusätzlich darin, welche einzelnen Merkmale der Unterrichtsqualität besondere Veränderungen aufweisen. Zur Überprüfung, wie sich das Reflexionsgespräch auf eine Veränderung der Unterrichtsqualität auswirkt, wurden zunächst die (kollegialen) Reflexionen der Lehrpersonen 1, 2, 5, 7, 16, 18 und 20 analysiert.

Insgesamt können in den 7 Reflexionsgesprächen circa 600 Einzelaussagen unterschieden werden, die im Durchschnitt zu circa 27% von den Lehrpersonen selbst, zu circa 32% durch die 9 Peers und zu circa 41% von den beiden Experten getätigt werden. Vergleicht man die Gesprächsanteile der individuellen Reflexionsgespräche, ist der eigene Anteil der sieben Lehrpersonen jeweils auf einem vergleichbaren Niveau. Dahingegen schwankt der Anteil der Peers und Experten zwischen 20% und 40%.

Die Reflexionsgespräche zeigen jedoch vor allem hinsichtlich des Reflexionsinhalts (Tab. 1) als auch der Reflexionstiefe (Tab. 2) große interindividuelle Unterschiede. Inhaltlich adressieren etwa 50% aller Aussagen Merkmale der Unterrichtsqualität, die restliche Hälfte entfällt auf Aussagen zur Physik oder Sichtstruktur des Unterrichts. Die (eigene) Professionalisierung wird fast gar nicht thematisiert. Besonders große Unterschiede zeigen sich in den Anteilen zu physikalischen Inhalten und der kognitiven Aktivierung.

*Tab. 1: Verteilung der inhaltlichen Schwerpunkte der Reflexionen von sieben Lehrpersonen*

| Inhaltsbereich der Reflexion                 | MW (%) | SD (%) | range (%)   |
|----------------------------------------------|--------|--------|-------------|
| Physikalische Inhalte                        | 16.0   | 10.6   | 4.1 – 30.4  |
| Kognitive Aktivierung                        | 15.3   | 10.4   | 4.9 – 32.2  |
| Strukturelle konstruktive Unterstützung      | 20.5   | 4.6    | 14.3 – 25.8 |
| Affektive konstruktive Unterstützung         | 9.3    | 4.1    | 3.2 – 13.6  |
| Klassenführung                               | 6.8    | 3.3    | 3.9 – 12.9  |
| Merkmale der Sichtstruktur                   | 22.8   | 7.5    | 15.3 – 34.7 |
| Sonstiges (z. B. Schilderungen von Abläufen) | 9.3    | 7.3    | 2.0 – 20.0  |
| (Eigene) Professionalisierung                | 0.3    | 0.5    | 0.0 – 1.1   |

Bezüglich der Reflexionstiefe zeigen die sieben Reflexionsgespräche besonders große Unterschiede in Aussagen mit beschreibendem Charakter. Während Perspektivwechsel mit circa 4% selten zu beobachten sind, sind begründete Aussagen mit circa 10% relativ häufig.

*Tab. 2: Verteilung der Tiefe des Reflexionsgesprächs von sieben Lehrpersonen*

| Tiefe der Reflexion                   | MW (%) | SD (%) | range (%)   |
|---------------------------------------|--------|--------|-------------|
| (Rück)Fragen                          | 4.6    | 3.5    | 0.0 – 9.5   |
| Beschreiben                           | 14.8   | 10.2   | 5.3 – 30.7  |
| Interpretieren                        | 21.8   | 4.0    | 15.2 – 25.0 |
| Positive Rückmeldungen                | 12.9   | 5.9    | 4.2 – 19.7  |
| Kritische Rückmeldungen               | 22.2   | 5.4    | 15.2 – 28.0 |
| Generierung von Handlungsoptionen     | 23.8   | 3.3    | 20.5 – 27.4 |
| <b>Sonstige Aspekte der Reflexion</b> |        |        |             |
| Perspektivwechsel                     | 3.6    | 2.0    | 1.7 – 6.5   |
| Begründungen                          | 9.5    | 3.9    | 3.8 – 13.6  |

Bezieht man die Qualität der Unterrichtsminiaturen und die dazugehörige Reflexionsphase aufeinander, zeigen sich bereits in dieser kleinen Teilstichprobe (N=7) erste Zusammenhänge. Die Unterrichtsqualität der einzelnen Teilnehmer wird vor allem dann gesteigert, wenn in der Reflexion besonders viele Aussagen mit interpretativem Charakter getätigt wurden. Auch ein erhöhter Anteil an Aussagen mit Begründungen trägt zur Verbesserung der Unterrichtsqualität bei. Beides ist unabhängig davon, ob die Aussagen von der unterrichtenden Lehrperson selbst, von den Peers oder den Experten getätigt wurden. Ein hoher Anteil von lediglich deskriptiven Aussagen führt dahingegen zu einer Verschlechterung der Unterrichtsqualität. Keine Zusammenhänge zeigen sich zum Anteil von Aussagen, die auf Handlungsoptionen abzielen und Aussagen in der ein Perspektivwechsel eingenommen wird. Betrachtet man den Zusammenhang zwischen dem Inhalt der Reflexion und der Unterrichtsqualität des 2. Durchgangs, zeigt sich, dass die Unterrichtsqualität in denjenigen Merkmalen gut ausgeprägt ist, die einen hohen Anteil der jeweiligen Reflexionsgespräche einnahmen. Dabei werden nicht aber alle Unterrichtsqualitätsmerkmale gleich gut umgesetzt. Während Reflexionen zur affektiven konstruktiven Unterstützung keinen Einfluss auf die Unterrichtsqualität des 2. Durchgangs zeigen, haben Rückmeldungen zur strukturellen konstruktiven Unterstützung, zu physikalischen Inhalten und zur kognitiven Aktivierung einen deutlichen, positiven Einfluss. Ist allerdings der Gesprächsanteil sonstiger Inhalte hoch, ist die Unterrichtsqualität im 2. Durchgang eher unterdurchschnittlich ausgeprägt.

Im Weiteren soll die Kodierung der Reflexionsgespräche weitergeführt werden, wobei eine Gesamtstichprobe von circa 50 Lehrpersonen angestrebt wird. Ergänzend wird der Versuch unternommen, auch die Reflexion zu raten, um beispielsweise Aussagen zur Passung und Relevanz der Reflexionsinhalte treffen zu können.



### Literatur

- Atkins, S. & Murphy, K. (1993). Reflection: A review of the literature. *Journal of Advanced Nursing*, 18, 1188–1192.
- Bransford, J., Darling-Hammond, L. & LePage, P. (2005). Introduction. In L. Darling-Hammond & J. Bransford (Hrsg.), *Preparing teachers for a changing world* (S. 1–39). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Decker, A.-T., Kunter, M. & Voss, T. (2015). The relationship between quality of discourse during teacher induction classes and beginning teachers' beliefs. *European Journal of Psychology of Education*, 30, 41–61.
- Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston, MA: Heath.
- Fat'hi, J. & Bezhadpour, F. (2011). Beyond Method: The Rise of Reflective Teaching. *International Journal of English Linguistics*, 2, 241–251.
- Hammerness, K., Darling-Hammond, L., Bransford, J., Berliner, D., Cochran-Smith, M., McDonald, M. et al. (2005). How teachers learn and develop. In L. Darling-Hammond & J. Bransford (Hrsg.), *Preparing teachers for a changing world* (S. 358–389). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Hiebert, J., Morris, A. K., Berk, D. & Jansen, A. (2007). Preparing teachers to learn from teaching. *Journal of Teacher Education*, 58, 47–61.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2014). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 12.06.2014.
- Klieme, E. & Rakoczy, K. (2008). Empirische Unterrichtsforschung und Fachdidaktik. Outcome-orientierte Messung und Prozessqualität des Unterrichts. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54 (2), 222–237.
- Korneck, F., Oettinghaus, L., Kunter, M. & Redinger, R. (2016). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), *Videoanalysen in der Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele* (S. 174–197). Weinheim: Beltz Juventa.
- Korthagen, F. (2002). Eine Reflexion über Reflexion. In F. Korthagen, J. Kessels, B. Koster, B. Lagerwerf & T. Wubbels (Hrsg.), *Schulwirklichkeit und Lehrerbildung* (S. 55–73). Hamburg: EB-Verlag.
- Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U. & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 55–68). Münster: Waxmann.
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–114). Münster: Waxmann.
- Linninger, C. A. (2016). *Reflexion bei angehenden Lehrkräften: Bedeutung und Förderung im Professionalisierungsprozess*. Goethe-Universität in Frankfurt am Main.
- Voss, T., Wagner, W., Klusmann, U., Trautwein, U. & Kunter, M. (2017). Changes in beginning teachers' classroom management knowledge and emotional exhaustion during the induction phase. *Contemporary Educational Psychology*, 51, 170–184.

*Förderhinweis: „Level – Lehrerbildung vernetzt entwickeln“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert*

Jenny Lorentzen<sup>1</sup>  
 Mathias Ropohl<sup>2</sup>  
 Mirjam Steffensky<sup>1</sup>  
 Gernot Friedrichs<sup>3</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel  
<sup>2</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>3</sup>Universität Kiel

## **Förderung der wahrgenommenen Relevanz von fachlichen Studieninhalten**

### **Zielsetzung & Theoretischer Hintergrund**

Die universitäre Phase der gymnasialen Lehramtsbildung ist inhaltlich vor allem zu Beginn des Studiums von einem stark fachwissenschaftlichen Fokus geprägt (Bauer, Diercks, Möller, Roesler & Prenzel, 2012), wie er sich auch in Modellen zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften widerspiegelt (vgl. u.a. Baumert & Kunter, 2006; Shulman, 1986). Bislang gibt es keinen Konsens, in welcher Breite und Tiefe Lehrkräfte Fachwissen erwerben müssen, um erfolgreich zu unterrichten. In der Regel wird aber angenommen, dass sie Fachwissen benötigen, das über die zu unterrichtenden Inhalte hinausgeht (Baumert & Kunter, 2006). Dabei wurde bisher vor allem die Unterscheidung zwischen universitärem und schulischem Wissen getroffen (z.B. Deng, 2007, 2012). Universitäres Fachwissen lässt sich vereinfacht beschreiben als das Wissen, das in der jeweiligen akademischen Disziplin gelehrt wird und vom Schulcurriculum losgelöst ist (Blömeke et al., 2008; Krauss et al., 2008). Es umfasst das Wissen fachbezogener Konzepte, Inhalte und Themen auf universitärem Niveau. Demgegenüber steht das schulische Fachwissen: das in der Schule zu unterrichtende Fachwissen. Die Inhalte ergeben sich primär aus den Lehrplänen, die sich wiederum an den zentralen Konzepten des Faches orientieren. Die beiden Wissensbereiche sind nicht immer trennscharf voneinander und weisen teilweise enge Bezüge auf. Hinzu kommt, dass viele fachwissenschaftliche Veranstaltungen in der universitären Phase der Lehramtsbildung polyvalent angeboten werden. Dies kann dazu führen, dass Niveau und Auswahl der Inhalte nicht passend für das Fachwissen von angehenden Lehrkräften sind oder dies zumindest so empfunden wird (vgl. Lersch, 2006). Ferner kann bei einer stark ausgeprägten Diskrepanz zwischen universitären und schulischen Fachinhalten die Problematik auftreten, dass Lehramtsstudierende die Berufsrelevanz bestimmter Fachinhalte nicht wahrnehmen (z.B. Wu, 2011). Dies mündet unter Umständen in einer geringen Studienmotivation.

Im gymnasialen Lehramtsstudium Chemie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) gibt es bisher kaum systematische Ansätze, universitär erworbenes Fachwissen mit dem zu unterrichtendem Wissen zu vernetzen. Es fehlt an einer gezielten Auseinandersetzung der Studierenden mit den fachlichen Inhalten des Studiums im Hinblick auf die Tätigkeiten einer Lehrkraft. Daher sollen angehende Chemielehrkräfte im Rahmen des Teilprojekts Chemie der Präsidiumsinitiative „Lehramt in Bewegung“ (CAU-LiB) schon während des Lernens fachlicher Studieninhalte durch ein modulbegleitendes Lernangebot unterstützt werden, in dem die Bedeutung des universitären Fachwissens für die späteren beruflichen Anforderungen herausgestellt wird und so die wahrgenommene Berufsrelevanz erhöht wird.

### **Forschungsfragen**

Dabei sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- Wie beurteilen Studierende die fachliche Veranstaltung Physikalische Chemie I bezüglich der Berufsrelevanz der Studieninhalte?
- Welche Wirkung hat ein Lernangebot zur Vernetzung des universitären und schulischen Fachwissens auf die Einschätzung der Berufsrelevanz fachlicher Studieninhalte?
- Welche Perspektiven zur Begründung dieser wahrgenommenen Berufsrelevanz fachlicher Studieninhalte lassen sich bei den Studierenden identifizieren?

### Studien- und Testdesign

Zur Förderung der wahrgenommenen Berufsrelevanz von fachlichen Studieninhalten wurde eine Intervention entwickelt, die in eine fachliche Lehrveranstaltung für Lehramtsstudierende der Chemie integriert wurde. In drei 90-minütigen Sitzungen wurden die Studierenden während des Lernens von fachlichen Studieninhalten unterstützt, indem das universitäre und schulische Fachwissen miteinander vernetzt wurde. Zur Evaluation des Interventionsansatzes wurde dieser mit einer randomisierten Stichprobe aus  $N = 56$  Lehramtsstudierenden der Chemie in einem Prä-Post-Design mit Kontrollgruppe umgesetzt ( $n_{\text{Interventionsgruppe}} = 24$ ,  $n_{\text{Kontrollgruppe}} = 32$ ) und hinsichtlich seiner Effekte auf die wahrgenommene Berufsrelevanz fachlicher Studieninhalte untersucht.

Die Intervention ist in das Modul Physikalische Chemie (PC) I integriert und setzt sich aus einer vorab individuell zu bearbeitenden schriftlichen Aufgabe im Rahmen der fachdidaktischen Einführungsveranstaltung und drei Präsenzseminarsitzungen zusammen (s. Abb. 1). Als theoretische Vorbereitung erhalten die Studierenden zunächst den Auftrag anhand der Fachanforderungen Chemie zu erarbeiten, in welchen inhaltlichen Zusammenhängen und in welchen Jahrgangsstufen Themen und Begriffe der Physikalischen Chemie genannt werden, um darauf aufbauend einen Unterrichtsgang zu einem selbstgewählten Beispiel zu skizzieren. Drei 90-minütige Seminartermine stehen unter einem bereits in der Vorlesung zur PC I behandelten Inhaltsbereich. Als fachliche Themen dienen dabei Aggregatzustände und deren Übergänge, die Energetik chemischer Reaktionen und Entropie. Anhand von diesen fachlichen Inhalten sollen die Studierenden dann beispielsweise Erklärungen auf unterschiedlichen Abstraktionsgeraden verfassen oder fachliche Zugänge und Repräsentationen aus der Perspektive einer Lehrkraft bewerten.



Abb. 1 Allgemeine Struktur des Lernangebots für die Physikalische Chemie

Zur Erfassung der wahrgenommenen Berufsrelevanz fachlicher Studieninhalte in der Lehrveranstaltung Physikalische Chemie 1 wurden standardisierte Skalen mit vierstufigen Antworten (von 1 *stimme gar nicht zu* bis 4 *stimme voll zu*) eingesetzt. Die erste Skala bezog sich auf die Veranstaltung insgesamt (Beispielitem: *Die Themen der Lehrveranstaltung Physikalische Chemie I (Chemische Thermodynamik) halte ich für einen wesentlichen Teil meiner beruflichen Qualifikation als Chemielehrer/in.*). Es wurden zusätzliche Skalen für die spezifischen Themen der Lehrveranstaltung eingesetzt (Beispielitem: *Für meinen späteren Beruf als Chemielehrer/in an einem Gymnasium halte ich die thermodynamische Definition der Entropie für nicht relevant/ wenig relevant/ eher relevant/ relevant*). Zusätzlich erfolgte die Begründung der abgegebenen Relevanzeinschätzung in einem offenen Antwortformat für drei übergeordnete Themen (Beispielitem: *Bitte begründen Sie Ihre Einschätzung zur Berufsrelevanz des Themenbereichs 1. Hauptsatz der Thermodynamik und Enthalpie. Warum schätzen Sie diesen Fachinhalt für Ihren späteren Beruf als Chemielehrer/in als (eher) relevant bzw. (eher) nicht relevant ein?*).

### Ergebnisse & Diskussion

Die Analyse ergab, dass die Studierenden die fachliche Veranstaltung insgesamt und deren Inhalte bereits vor Beginn der Intervention in der Tendenz als eher berufsrelevant einschätzten. Dennoch bewirkte die Intervention eine positive Steigerung der wahrgenommenen

Berufsrelevanz bezüglich der adressierten Fachinhalte und in der Gesamtbeurteilung der Veranstaltung. So schätzen die Studierenden nach der Intervention die Inhalte *Enthalpie & 1. Hauptsatz* (asympt. Wilcoxon-Test:  $z = -3,442$ ,  $p = ,001$ ,  $n = 23$ ,  $d = 2,061$ ), *Entropie & 2. + 3. Hauptsatz* ( $z = -2,141$ ,  $p = ,001$ ,  $n = 23$ ,  $d = 0,998$ ) und *Phasen* ( $z = -2,036$ ,  $p = ,042$ ,  $n = 23$ ,  $d = 0,938$ ) als berufsrelevanter ein. Die Analyse der Begründungen der wahrgenommenen Relevanz zeigte, dass die Studierenden vorrangig aus einer schulischen Perspektive heraus argumentieren, ihre Antworten aber auf einem eher unreflektierten Niveau bleiben.

Die Intervention hat folglich das primäre Ziel der Förderung der wahrgenommenen Berufsrelevanz fachlicher Studieninhalte erreicht. Es zeigte sich aber, dass diese Förderung von den behandelten Themen abhängig ist und noch keine Strategien vermittelt werden, inhaltsübergreifend die Berufsrelevanz in fachlichen Studieninhalten zu erkennen.

### **Ausblick**

Aufbauend auf diesen Ergebnissen kann das Lernangebot weiter optimiert werden, sodass die Wirkung nicht mehr von explizit behandelten Inhalten abhängig ist, sondern den Studierenden Strategien zur Verknüpfung vermittelt werden, die sie auf andere fachliche Inhalte übertragen können.

### Literatur

- Bauer, J., Diercks, U., Möller, J., Roesler, L. & Prenzel, M. (2012). Lehramtsstudium in Deutschland: Wie groß ist die strukturelle Vielfalt? *Unterrichtswissenschaft*, 40(2), 101–120.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Blömeke, S., Kaiser, G., Schwarz, B., Seeber, S., Lehmann, R., Felbrich, A. & Müller, C. (2008). Fachbezogenes Wissen am Ende der Ausbildung. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare. Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung* (S. 89–104). Münster: Waxmann.
- Deng, Z. (2007). Knowing the subject matter of a secondary-school science subject. *Journal of Curriculum Studies*, 39(5), 503–535.
- Deng, Z. (2012). School subjects and academic disciplines: The differences. In A. Luke, K. Weir, A. Woods, & M. Moroney (Hrsg.), *Curriculum, syllabus design and equity: A primer and model* (S. 40–53). New York: Routledge.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. & Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716–725.
- Lersch, R. (2006). Lehrerbildung im Urteil der Auszubildenden. Eine empirische Studie zu beiden Phasen der Lehrerausbildung. In C. Allemann-Ghionda (Hrsg.), *Zeitschrift für Pädagogik. Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern. Ausbildung und Beruf* (Beiheft 51, S. 164–181). Weinheim: Beltz.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Wu, H. (2011). The mis-education of mathematics teachers. *Notices of the AMS*, 58(3), 372–384.

## Die wahrgenommene Relevanz des Fachwissens: persönliche Konstrukte

### Theoretischer Hintergrund

Lehramtsstudierende der Physik haben oft Schwierigkeiten, eine Verknüpfung zwischen dem in universitären Fachveranstaltungen vermittelten Fachwissen und dem benötigten Fachwissen für das Berufsfeld Schule herzustellen. Das Nichterkennen der Relevanz für das bevorstehende Berufsfeld kommt in den Lehramtsstudiengängen häufiger vor (AG Studienqualität 2011). Eine niedrige Relevanz hat aber eine negative Auswirkung auf die Lernmotivation (z.B. Frymier und Shulman 1995) und den Lernerfolg (Deci et al. 1991) und kann abbruchfördernd wirken (Heublein et al. 2017). In einer Interventionsstudie zur Verbesserung der Berufsrelevanz im Lehramtsstudium Physik haben Massolt und Borowski (2018) konzeptuelle Aufgaben, die auf den Facetten des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext (Woehlecke et al. 2017) basieren, in Übungsaufgaben zur Experimentalphysik 1 und 2 eingesetzt. Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext ist eine Fachwissenskategorie, welche das berufsspezifische Fachwissen von Lehrkräften beschreibt. Massolt und Borowski (2018) zeigen, dass sowohl Aufgaben basierend auf dieser Fachwissenskategorie als auch konzeptuelle Aufgaben ohne expliziten Schulbezug als relevanter für das spätere Berufsleben von Lehramtsstudierenden eingeschätzt werden als klassische, rechnerische Aufgaben. Bisher ist jedoch nicht geklärt, was die Studierenden unter dem Konstrukt „Relevanz“ verstehen. Was sorgt also dafür, dass eine Aufgabe als relevanter angesehen wird als eine andere?

### Forschungsfrage

Die Frage ist, wie Lehramtsstudierende die Relevanz einer Aufgabe bestimmen. In dieser Studie wird auf die impliziten Einflüsse auf Relevanz, wobei das Bauchgefühl oder die Intuition (Haldin-Herrgard 2004) die Relevanz einer Aufgabe bestimmt, fokussiert. Somit ergibt sich die folgende Forschungsfrage: Welche persönlichen Konstrukte (Kelly 1955) haben einen Einfluss auf die wahrgenommene Relevanz einer Aufgabe?

### Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden  $N = 7$  Lehramtsstudierende hinsichtlich der Relevanz von Übungsaufgaben mit Hilfe eines Repertory Grid Interviews (u.a. Fromm 1995; Jankowicz 2004) befragt. Das Repertory Grid Verfahren basiert auf der *Personal Construct Theory* von Kelly (1955); es ermöglicht eine Erfassung der subjektiven Sicht einer Person - offen für persönliche Konstrukte - und bietet die Möglichkeit, implizites Wissen darzustellen. Für das Interview wurden 9 Übungsaufgaben zum Fach „Experimentalphysik 1“ zufällig ausgewählt. Hierbei gab es drei „klassische“ Aufgaben (rechnerische Aufgaben ohne expliziten Schulbezug), drei konzeptuelle Aufgaben auf Basis des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext und drei konzeptuelle Aufgaben ohne Schulbezug (siehe Massolt und Borowski 2018). Die Studierenden haben zunächst die 9 Aufgaben in Bezug auf die Relevanz für das spätere Berufsleben auf einer sechs-stufigen Likert-Skala bewertet. Im Anschluss daran wurden ihnen drei dieser Aufgaben vorgelegt. Hierzu erhielten sie die Frage: „Auf welche wichtige Weise sind zwei von ihnen ähnlich, aber verschieden von der dritten?“. Die Studierenden haben dann das Konstrukt, bezüglich dem sich die Aufgaben voneinander unterscheiden, mit einem *Konstrukt* (z.B. „Einfach“) und einem *Kontrast* (z.B. „Schwierig“) beschrieben. Auf dieser neu entstandenen Likert-Skala (z.B. 1 (Einfach) - 6 (Schwierig)) haben sie anschließend alle 9 Aufgaben bewertet.

Dieses Verfahren wurde mit anderen Aufgabenkombinationen wiederholt bis entweder 90 Minuten verstrichen waren oder keine neuen Konstrukte gefunden wurden.

Für jede Studierende wurde für alle gefundenen persönlichen Konstrukte die Ähnlichkeit zum Konstrukt Relevanz berechnet. Hierzu wurde für jedes Konstrukt zunächst der Abstand zum Konstrukt Relevanz bestimmt. Dieser Abstand entspricht der Summe der absoluten Unterschiede aller Aufgaben zwischen der Relevanzbewertung einer Aufgabe und der Bewertung derselben Aufgabe auf der neuen Konstrukt-Skala. Diese Berechnung wurde dann wiederholt, wobei die Relevanzbewertung invertiert wurde (nach Rojon et al. im Druck). Die Ähnlichkeit eines Konstrukts zur Relevanz ist als die absolute Differenz zwischen beiden Abständen definiert. Ein höherer Wert deutet auf eine höhere Ähnlichkeit zur Relevanz hin. Die Konstrukte wurden dann pro befragte Person den Terzilen „hohe“, „mittlere“ und „geringe Ähnlichkeit zur Relevanz“ zugeordnet. Aus den Konstrukten wurden induktiv Konstrukt-Kategorien gebildet. Konstrukt-Kategorien mit Konstrukten die eine hohe bis mittlere Ähnlichkeit zur Relevanz aufzeigten wurden beibehalten (Auswertung nach Honey (1979), Jankowicz (2004), Rojon et al. (im Druck)). Die behaltenen Konstrukt-Kategorien basieren auf den persönlichen Konstrukten von Studierenden und beschreiben die impliziten Merkmale einer Aufgabe, die einen positiven Einfluss auf die Relevanz haben.

### Ergebnisse

Von den Studierenden wurden insgesamt 56 Konstrukte erwähnt. 16 Konstrukt-Kategorien wurden identifiziert. Eine unabhängige Zweitzuordnung von den 56 Konstrukten zu den 16 Konstrukt-Kategorien zeigt eine hohe Übereinstimmung ( $\kappa = .83$ ). Sieben Konstrukt-Kategorien haben eine hohe bis mittlere Ähnlichkeit zur Relevanz und werden behalten.

- Konzeptuell vs. Rechnen (konzeptuellere Aufgaben sind relevanter)
- Alltagsnah (relevanter, wenn alltagsnäher)
- Mathematische Anforderung (relevanter bei geringerer mathematischer Anforderung)
- Spaß (relevanter bei mehr empfundenem Spaß)
- Curriculare Ordnung (relevanter, wenn die Inhalte schulrelevanter sind)
- Empfundene Lernzuwachs (relevanter bei größerem Lernzuwachs)
- Analytisch (relevanter, wenn die Aufgabe analytischer ist)

### Diskussion

Die sieben Konstrukt-Kategorien beschreiben Merkmale von Aufgaben, die einen positiven Einfluss auf die wahrgenommene Relevanz haben. Die Konstrukt-Kategorie „Spaß“ fällt dabei weg: der empfundene Spaß ist eine Folge der Bearbeitung der Aufgabe und kein Aufgabenmerkmal. Außerdem ist nicht klar, ob die wahrgenommene Relevanz größer wird, wenn eine Studierende mehr Spaß bei der Bearbeitung der Aufgabe hat, oder ob eine höhere wahrgenommene Relevanz zu mehr Spaß führt.

Die in den letzten zwei Konstrukt-Kategorien beschriebenen Merkmale sind auf die Facetten des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext (Woehlecke et al. 2017) zurückzuführen, was als Evidenz für die Validität des Modells gesehen werden kann. Auch das Ergebnis von Massolt und Borowski (2018) kann bestätigt werden: konzeptuelle Aufgaben werden von Lehramtsstudierenden als relevanter als rechnerische Aufgaben eingeschätzt.

Die Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass der Einsatz von Übungsaufgaben, die auf diesen sechs Merkmalen basieren, eine Möglichkeit bieten die Relevanz von universitärem Fachwissen zu erhöhen. Dies bedeutet aber nicht, dass wir empfehlen die Übungsaufgaben z.B. nur noch konzeptuell oder mit einer geringen mathematischen Anforderung zu gestalten: eine Mischung von den hier beschriebenen Merkmalen und Aufgaben, die nicht unseren Anforderungen entsprechen, würde aber bereits einen positiven Einfluss auf die wahrgenommene Relevanz der Aufgaben von Lehramtsstudierenden haben.

**Danksagung**

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1516 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.



## Literatur

- AG Studienqualität. (2011). *Allgemeiner Bericht zur Onlinebefragung Professionsorientierung / Berufsqualifizierung im Lehramtsstudium an der Universität Potsdam*. Potsdam: Universität Potsdam. [https://pep.uni-potsdam.de/media/reports/up\\_zfl\\_umfrage-professionsorientierung-lehramt\\_2011.pdf](https://pep.uni-potsdam.de/media/reports/up_zfl_umfrage-professionsorientierung-lehramt_2011.pdf)
- Deci, E. L., Vallerand, R. J., Pelletier, L. G., & Ryan, R. M. (1991). Motivation and Education: The Self-Determination Perspective. *Educational Psychologist*, 26(3–4), 325–346. doi:10.1080/00461520.1991.9653137
- Fromm, M. (1995). *Repertory Grid Methodik - Ein Lehrbuch*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Frymier, A. B., & Shulman, G. M. (1995). “What’s in it for me?”: Increasing content relevance to enhance students’ motivation. *Communication Education*, 44(1), 40–50. doi:10.1080/03634529509378996
- Haldin-Herrgard, T. (2004). Diving under the Surface of Tacit Knowledge. In *Proceedings of the Fifth European Conference on Organizational Knowledge, Learning, and Capabilities*, 2-3 April 2004. Innsbruck. <http://www.coalescentknowledge.com/WP/diving.pdf>
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit*. Hannover: HIS: Forum Hochschule. [http://www.dzhw.eu/pdf/pub\\_fh/fh-201701.pdf](http://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201701.pdf). Zugegriffen: 6. Dezember 2017
- Honey, P. (1979). The repertory grid in action: How to use it to conduct an attitude survey. *Industrial and Commercial Training*, 11(11), 452–459. doi:10.1108/eb003756
- Jankowicz, D. (2004). *The easy guide to repertory grids*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- Kelly, G. A. (1955). *The psychology of personal constructs*. New York: Norton.
- Massolt, J., & Borowski, A. (2018). Increasing Perceived Relevance of University Physics Problems by Focusing on School-Related Content Knowledge. *heiEDUCATION Journal* 1/2, 99–125. doi:10.17885/heiup.heied.2018.1&2.23828
- Rojon, C., McDowall, A., & Saunders, M. N. K. (2019). A novel use of Honey’s aggregation approach to the analysis of repertory grids. *Zur veröffentlichung angenommen in Field Methods* (31) 1.
- Woehlecke, S., Massolt, J., Goral, J., Hassan-Yavuz, S., Seider, J., Borowski, A., et al. (2017). Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext als fachübergreifendes Konstrukt und die Anwendung im universitären Lehramtsstudium. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 35(3), 413–426.

David Buschhüter<sup>1</sup>  
 Joost Massolt<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Potsdam

## Einflüsse von Personenmerkmalen auf Relevanzempfindungen

### Theoretischer Hintergrund

#### *Forschungsstand*

Oft haben Lehramtsstudierende der Physik Schwierigkeiten, universitäres Wissen ihres Bildungsgangs als berufsrelevant zu empfinden (AG Studienqualität, 2011). Dies kann negative Auswirkungen auf die Studienmotivation haben (Frymier & Shulman, 1995; Keller, 1983). Massolt und Borowski (2018) haben sich mit der Frage auseinandergesetzt, inwiefern eine Lernumgebung verändert werden kann, so dass die Lehramtsstudierenden die Relevanz der Inhalte leichter wahrnehmen. Keller (2009) schreibt: „Relevance refers to people’s feelings or perceptions of attraction toward desired outcomes, ideas, or other people based upon their own goals, motives and values” (S. 98). Dies spricht dafür, dass neben dem Gegenstand (Physikaufgabe) auch die Person (Lehramtsstudierende\*r der Physik) eine entscheidende Rolle bei der Relevanzwahrnehmung spielt. Im Rahmen dieser Studie wird untersucht, inwiefern Personenmerkmale einen Einfluss auf das subjektive Empfinden der Relevanz haben.

#### *Modell des Relevanzempfindens*

Massolt und Borowski (2018) haben die wahrgenommene berufliche Relevanz von Physikaufgaben der Übungsgruppen zur Experimentalphysik I und II erfasst. Relevanz wird hier also im Sinne eines motivationalen Konstrukts erfasst und nicht als objektives Merkmal des Lernmaterials. Hierzu ließen sie Physikstudierende die Frage „Wie gut bereiten Sie die Aufgabe(n) auf Ihr späteres Berufsleben vor“ auf einer Likert-Skala beantworten. Sie berechneten die empfundene Relevanz einer Physikaufgabe als aufgabenweisen (bzw. spaltenweisen) Mittelwert der likert-skalierten Antworten. Während dieser Wert die Tendenz einer Aufgabe misst, als relevant empfunden zu werden, so kann auch die Tendenz einer Person bestimmt werden, Aufgaben als relevant zu empfinden. Dies entspricht analog dem Mittelwert (oder der irt-skalierten Personenfähigkeit) der Relevanzeinschätzungen einer Person zu den verschiedenen Aufgaben als Personenparameter. Aus dieser Überlegung lässt sich in Anlehnung an die Person-Gegenstandstheorie des Interesses (Prenzel, Krapp, & Schiefele, 1986) ein Modell des Relevanzempfindens postulieren (Abb. 1). Der genannte Personenparameter wird im Folgenden als „Relevanzempfindungsvermögen“ bezeichnet. Damit ist nicht die Fähigkeit einer Person gemeint, die tatsächliche berufliche Relevanz trennscharf beurteilen zu können, sondern die Disposition, einen Lerngegenstand oder ein Lernmaterial als wirksam für die Bewältigung antizipierter, zukünftiger, beruflicher Anforderungen einzuschätzen. Es ist in diesem Sinne eher als „Vermögen“ zu interpretieren, weil es sich dabei um eine Ressource handelt, aus der sich Motivation in der Auseinandersetzung mit einem Lernmaterial speist (Priniski, Hecht, & Harackiewicz, 2018).

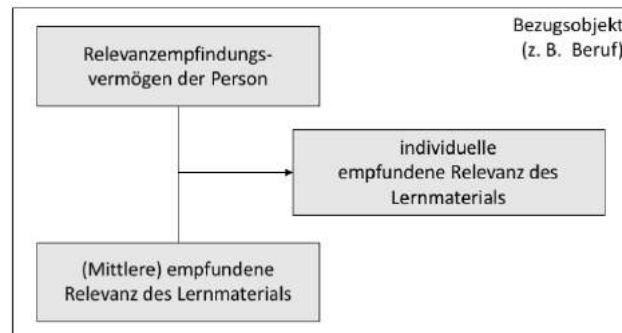


Abb. 1: Modell des Relevanzempfindens in Anlehnung an Prenzel, Krapp und Schiefele (1986)

Zunächst ist zu untersuchen, ob Relevanzempfindungsvermögen ein eindimensional skalierbares, stabiles Merkmal darstellt. Insbesondere ist aber unklar inwiefern Studierendenvariablen Einfluss auf die Relevanzempfindung nehmen. Für den Lehramtsstudiengang Physik untersucht die vorliegende Studie deshalb die folgende Forschungsfrage.

#### Forschungsfrage

Welche Personenmerkmale haben einen positiven Einfluss auf das berufsbezogene Relevanzempfindungsvermögen in Bezug auf Physikaufgaben im Lehramtsstudium?

#### Methode

Zur Beantwortung der Frage wurden im Rahmen eines Eingangstests zu Studienbeginn die folgenden Personenmerkmale der Lehramtsstudierenden erhoben

- Grit (Duckworth, Peterson, Matthews, & Kelly, 2007): Beharrlichkeit und beständiges Interesse
- Umgang mit Wissen zur newtonschen Mechanik: Force Concept Inventory – FCI (Hestenes, Wells, & Swackhamer, 1992, übers. Schecker & Gerdes, 1999):
- Rechenfähigkeit (Riese et al., 2015)
- Studienfachinteresse (Freyer, 2013; angepasst für Physik)
- Colorado Learning Attitudes about Science Survey – CLASS (Adams et al., 2006; Douglas, Yale, Bennett, Haugan, & Bryan, 2014, übers. Kautz, Holzhüter, & Lehmann, 2016):
  - Realweltbezug: Tendenz Physik in Beziehung zur realen Welt zu bringen
  - Anstrengung/Verstehen: Tendenz beim Lernen und Aufgabenlösen eher verstehensbezogene Strategien zu verwenden
  - Selbstwirksamkeitserwartung: Lösen von Physikaufgaben
- Kognitive Fähigkeiten: MiniQ – Speedtest (Baudson & Preckel, 2016)

Die Testwerte wurden anonymisiert mit Relevanzeinschätzungen von Studierenden zu Übungsaufgaben der Physik verbunden (Massolt & Borowski, 2018). Zu jeder der 64 Aufgaben musste die Person die berufliche Relevanz in Bezug auf die oben genannte Fragestellung („Wie gut bereiten Sie die Aufgabe(n) ...“) bewerten. Der Single-Item-Score in Bezug auf Physikaufgaben korreliert hoch mit der Value/Usefulness-Skala zur Motivation ( $r = 0,74$ , Deci & Ryan, 2003). Nach Zusammenführung konnten Daten von 37 Lehramtsstudierenden in die Korrelationsanalyse einfließen.

### Ergebnisse

Die etablierten Skalen zeigten sich erwartungsgemäß bis auf eine Ausnahme als reliabel (WLE-Reliabilität > 0,64 bzw. Cronbachs Alpha > 0,80). Die Subskala „Anstrengung, Verstehen“ wurde wegen niedriger Reliabilität entfernt (WLE-Reliabilität = 0,21). Da sich das Relevanzempfindungsvermögen als nicht eindimensional skalierbar herausstellte, wurden für jede der Skalen aus dem Studieneingangstest die Korrelationen zu den Relevanzeinschätzungen zu allen Physikaufgaben berechnet. Somit ergab sich für jede Skala (z.B. zum FCI-Score) eine Verteilung von 64 Korrelationskoeffizienten (Relevanzbewertung 1–64). Um zu bewerten, welche der Personenmerkmale einen Zusammenhang zu Relevanzeinschätzungen aufweisen, wurde getestet, für welche Skalen die Verteilungen signifikant von 0 abweichen. Zunächst wurden aber die Effektstärken (Cohens  $d$ ) verwendet, um den Einfluss zu beurteilen. Es werden im Folgenden nur solche Effekte interpretiert, die als groß zu beurteilen sind. Dies ist sinnvoll, da es sich hier um die Effektstärken der Verteilungen der Korrelationskoeffizienten handelt.

Tabelle 1 zeigt, dass nur die Verteilungen affektiver Merkmale einen mittleren bis großen signifikanten Effekt hatten (Fachinteresse  $d = 0,66$ , Realweltbezug  $d = 0,96$  und Grit  $d = 0,98$ ). Die Effektstärken aller weiteren Verteilungen waren geringer ( $|d| < 0,5$ ).

Tab. 1: Eigenschaften der Verteilungen der Korrelationskoeffizienten der Zusammenhänge zwischen der jeweiligen Skala und den 64 Relevanzeinschätzungen

| Skala                            | M(r)        | SD(r) | d           | t(df)      | p                |
|----------------------------------|-------------|-------|-------------|------------|------------------|
| FCI                              | -0,04       | 0,13  | -0,33       | -2,63 (63) | 0,0107           |
| Mathe                            | 0,05        | 0,20  | 0,25        | 1,98 (63)  | 0,0521           |
| MiniQ                            | -0,05       | 0,15  | -0,36       | -2,85(63)  | 0,0059           |
| Selbstwirksamkeits-<br>erwartung | -0,02       | 0,15  | -0,11       | -0,88(63)  | 0,3831           |
| Grit                             | <b>0,14</b> | 0,15  | <b>0,98</b> | 7,83(63)   | <b>&lt;,0001</b> |
| Fachinteresse                    | <b>0,11</b> | 0,16  | <b>0,66</b> | 5,26(63)   | <b>&lt;,0001</b> |
| Realweltbezug                    | <b>0,16</b> | 0,17  | <b>0,96</b> | 7,66(63)   | <b>&lt;,0001</b> |

### Interpretation der Ergebnisse

Obwohl sich das Relevanzempfindungsvermögen als nicht eindimensional skalierbar herausstellte, bestätigen die Ergebnisse den Einfluss von Personenmerkmalen auf die Relevanzeinschätzung. Dies stellt Evidenz für eine Person-Gegenstands-Theorie der Relevanz dar (ähnlich Prenzel et al., 1986).

Kognitive Leistungsmerkmale scheinen bei der Relevanzempfindung im Mittel aber kaum hilfreich zu sein. Für Grit ist plausibel, dass „erhöhte Beharrlichkeit und beständiges Interesse“ hilfreich dabei sind, die Disposition zu entwickeln, Relevanz zu empfinden. Zudem scheint ein erhöhtes Fachinteresse und ein erhöhter Realweltbezug dabei zu helfen, Physikaufgaben als berufsrelevant einzuschätzen (auch die umgekehrten Wirkrichtungen sind denkbar). Dies ist Evidenz dafür, dass es hilfreich sein könnte, im Rahmen der schulischen Ausbildung, das physikalische Fachwissen der Studierenden verstärkt mit der Realität zu vernetzen (Oser & Patry, 1990). Auf diese Weise könnte das Relevanzempfindungsvermögen gestärkt werden.

## Literatur

- Adams, W. K., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Dubson, M., Finkelstein, N. D., & Wieman, C. E. (2006). New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2(1), 1–14. <http://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.2.010101>
- AG Studienqualität. (2011). *Allgemeiner Bericht zur Onlinebefragung Professionsorientierung / Berufsqualifizierung im Lehramtsstudium an der Universität Potsdam*. Potsdam.
- Baudson, T. G., & Preckel, F. (2016). Mini-q: Intelligenzscreening in drei Minuten. *Diagnostica*, 62(3), 182–197. <http://doi.org/10.1026/0012-1924/a000150>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2003). Intrinsic Motivation Inventory. Eingesehen 03.08.2018, <http://selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/>
- Douglas, K. A., Yale, M. S., Bennett, D. E., Haugan, M. P., & Bryan, L. A. (2014). Evaluation of Colorado Learning Attitudes about Science Survey, 020128, 1–10. <http://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020128>
- Duckworth, A. L., Peterson, C., Matthews, M. D., & Kelly, D. R. (2007). Grit: Perseverance and Passion for Long-Term Goals. *Journal of Personality and Social Psychology*, 92(6), 1087–1101. <http://doi.org/10.1037/0022-3514.92.6.1087>
- Freyer, K. (2013). *Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie*. Universität Duisburg-Essen.
- Frymier, A. B., & Shulman, G. M. (1995). “What’s in it for me?”: Increasing content relevance to enhance students’ motivation. *Communication Education*, 44(1), 40–50. <http://doi.org/10.1080/03634529509378996>
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141–158. <http://doi.org/10.1119/1.2343497>
- Kautz, C., Holzhüter, H., & Lehmann, F. (2016). Colorado Learning Attitudes about Science Survey (CLASS, übersetzt Version 2). Eingesehen 06.08.2018, <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=CLASS>
- Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status* (pp. 383–436). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associate.
- Keller, J. M. (2009). *Motivational Design for Learning and Performance*. Boston, MA. <http://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3>
- Massolt, J., & Borowski, A. (2018). Increasing Perceived Relevance of University Physics Problems by Focusing on School-Related Content Knowledge. *HeiEDUCATION Journal* 1/2, 99–125.
- Oser, F., & Patry, J. L. (1990). *Choreographien unterrichtlichen Lernens, Basismodelle des Unterrichts. Berichte zur Erziehungswissenschaft*. Freiburg (Schweiz).
- Prenzel, M., Krapp, A., & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32(2), 163–173.
- Priniski, S. J., Hecht, C. A., & Harackiewicz, J. M. (2018). Making Learning Personally Meaningful: A New Framework for Relevance Research. *Journal of Experimental Education*, 86(1), 11–29. <http://doi.org/10.1080/00220973.2017.1380589>
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y., Reinhold, P. et al. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik. *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft* 61, 55–79.
- Schecker, H., & Gerdes, J. (1999). Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik - Zur Aussagekraft des Force Concept Inventory. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 5(1), 75–89.

Christoph Vogelsang<sup>1</sup>  
 Josef Riese<sup>2</sup>  
 Andreas Borowski<sup>3</sup>  
 Christoph Kulgemeyer<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universität Paderborn  
<sup>2</sup>RWTH Aachen  
<sup>3</sup>Universität Potsdam  
<sup>4</sup>Universität Bremen

### **Profile-P+: Kompetenzmessung und Performanztests im Lehramtsstudium Physik**

David Buschhüter<sup>3</sup>, Patrick Enkrott<sup>3</sup>, Hans E. Fischer (Universität Duisburg-Essen), Maren Kempin<sup>4</sup>, Peter Reinhold<sup>1</sup>, Horst Schecker<sup>4</sup>, Jan Schröder<sup>2</sup>

#### **Ziele und Forschungsfragen**

Im Rahmen ihres Studiums sollen angehende Physiklehrkräfte professionelles Wissen als Teil ihrer professionellen Kompetenz erwerben. Die Fragen, wie sich dieses Wissen im Studienverlauf entwickelt und welches Wissen in welcher Form auch tatsächlich relevant für das Ausüben der Tätigkeiten einer Lehrkraft ist, bedürfen allerdings weiterer Klärung. Im Rahmen des Projekts Profile-P+ soll ein Beitrag zur Beantwortung der folgenden Forschungsfragen geliefert werden:

- Wie entwickeln sich professionelles Wissen und Performanz im Verlauf eines Lehramtsstudiums im Fach Physik im Bachelorstudium und im Verlauf des Praxissemesters? Von welchen Bedingungen und Voraussetzungen (z.B. curricularer Art) sind diese Entwicklungen abhängig?
- Wie und abhängig von welchen Bedingungen und Voraussetzungen entwickelt sich die Fähigkeit zur Unterrichtsplanung, die Fähigkeit zum Erklären von Physik sowie die Fähigkeit zur Reflexion von Physikunterricht im Verlauf des Praxissemesters in Lehramtsstudiengängen im Fach Physik?
- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Aspekten professionellen Wissens und der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung, der Fähigkeit zur Unterrichtsreflexion sowie der Fähigkeit zum Erklären von Physik?

#### **Theoretischer Rahmen**

Gemäß dem Kontinuumsmodell von Kompetenz nach Blömeke, Gustafson und Shavelson (2015) bildet das professionelle Wissen (angehender) Physiklehrkräfte einen Teil der kognitiven Dispositionen, die mediiert über situationsspezifische Fähigkeit das Handeln in einer konkreten Anforderungssituation, z.B. die Gestaltung von Physikunterricht ermöglicht (Performanz). In der Lehrerbildungsforschung wird bzgl. des professionellen Wissens meist in die Aspekte Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen unterschieden (Baumert & Kunter, 2006), und üblicherweise mit Paper-Pencil-Tests erhoben. Zur Analyse der Kompetenzentwicklung ist es allerdings nicht ausreichend, allein Wissenskomponenten von Lehrkräften zu untersuchen. Hierzu bedarf es Instrumenten, die auch die Performanz in Handlungssituationen erfassbar machen. In Anlehnung an die Unterscheidung von Assessment-Verfahren aus der Mediziner Ausbildung von Miller (1990) sind daher Testverfahren notwendig, in denen (angehende) Lehrkräfte Handeln mit hoher Qualität „zeigen“ müssen. Eine solche Möglichkeit sind Performanztests (Harden, Stevenson & Wilson, 1975), die eine typische Handlungsanforderung des Physiklehrerberufs (z.B. Erklären von Physik) möglichst authentisch simulieren.

### Stand der Forschung

In Arbeiten zur längsschnittlichen Entwicklung des professionellen Wissens von Lehramtsstudierenden im Fach Physik konnten signifikante Zunahmen im Fachwissen und fachdidaktischen Wissen festgestellt werden (z.B. Sorge, Keller, Petersen & Neumann, 2018), womit Hypothesen zur Wissensentwicklung, die aus Querschnittsstudien abgeleitet wurden (z.B. Riese, Gramzow & Reinhold, 2017), bestätigt werden. Die bislang vorliegenden Studien beziehen sich allerdings primär auf die längsschnittliche Entwicklung im ersten Semester bzw. über den Verlauf eines Studienjahres. Daten zur Entwicklung über das gesamte Studium (z.B. Bachelorphase, Praxissemester) liegen bisher nicht vor. Bzgl. der dritten Forschungsfrage konnten in bisherigen Arbeiten kaum bzw. inkonsistente Zusammenhänge zwischen dem professionellen Wissen von (angehenden) Physiklehrkräften und der Qualität ihres Handelns im Unterricht, also ihrer Performanz, und dem Lernzuwachs ihrer Schülerinnen und Schüler beobachtet werden (z.B. Liepertz & Borowski, 2018; Cauet, 2016; Vogelsang, 2014). Es ist allerdings nicht eindeutig entscheidbar, ob dieser Befund darauf zurückzuführen ist, dass das erfragte Wissen auch wirklich keine notwendige Handlungsdisposition für das Unterrichten bildet. Eine Schwierigkeit in diesen Untersuchungen liegt darin, dass realer Unterricht eine zu hohe Komplexität und damit Variablenvielfalt aufweist, die empirisch nicht ausreichend kontrollierbar ist. In Forschungsansätzen, in denen das Handeln von angehenden Physiklehrkräften in komplexitätsreduzierten Settings analysiert wird, ergeben sich stärkere Zusammenhänge zum professionellen Wissen (Erklären: Kulgemeyer & Riese, 2018; Unterrichtsminiaturen: Korneck, Krüger & Szogs, 2017). Es bedarf allerdings noch weiterer Analysen bzgl. anderer Standardsituationen des Lehrerhandelns, um die Zusammenhänge weiter aufzuklären.

### Design

Zur Untersuchung der Wissensentwicklung und –zusammenhänge werden im Projekt Profile-P+ zwei unterschiedliche Längsschnittkohorten herangezogen. Zum einen wird das professionelle Wissen von Bachelorstudierenden des Lehramts Physik in den drei Bereichen Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und allgemeines pädagogisches Wissen zu drei Messzeitpunkten (jeweils Wintersemester 16/17, 17/18, 18/19) an elf Hochschulen in Deutschland und einer Hochschule in Österreich im *survey*-Design erhoben (siehe Abb. 1). Zusätzlich werden einige Kontrollvariablen und Daten zum Studienverlauf erfasst.



Abb. 1 Längsschnittdesign Bachelorstudium

Zum anderen werden an den Standorten Aachen, Bremen, Paderborn und Potsdam das professionelle Wissen und die Fähigkeiten von Studierenden im Masterstudiengang in den drei Standardsituationen Unterrichtsplanung, Erklären von Physik sowie Reflexion von Physikunterricht in einem *pre-post-survey*-Design mit Hilfe von Performanztests vor und nach dem Absolvieren des Praxissemesters (als Quasi-Intervention) erfasst (siehe Abb. 2). Für Validierungen werden zudem reale Unterrichtsentwürfe aus dem Praxissemester herangezogen.



*Abb. 2 Längsschnittdesign Masterstudium*

Die Erfassung professionellen Wissens erfolgt mit vorab entwickelten *paper-pencil*-Testverfahren (Riese et al., 2015). Zur Erfassung der Fähigkeiten werden Performanztests bzgl. der Planung von Physikunterricht und der Reflexion über Physikunterricht entwickelt, in den Befragungen verwendet und kategorienbasiert ausgewertet, für die Fähigkeit des Erklärens von Physik liegt ein erprobter Test schon vor (Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015).

### **Übersicht das Symposium**

Die Beiträge dieses Symposiums zeigen primär vorläufige Analyseergebnisse zur Entwicklung des professionellen Wissens und der Fähigkeiten der befragten Lehramtsstudierenden über das Praxissemester. Zusammenhangsanalysen zwischen Wissensbereichen und Fähigkeiten werden nur am Rande dargestellt werden.

Enkrott, Buschhüter und Borowski (in diesem Band) berichten Zwischenergebnisse zur Entwicklung von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen bezogen auf die bisher vorliegenden zwei Messzeitpunkte im Bachelorstudiengang und im Verlauf des Praxissemesters.

Schröder, Vogelsang und Riese (in diesem Band) stellen Validierungsuntersuchungen und vorläufige Ergebnisse zur Fähigkeit der Studierenden bzgl. der Unterrichtsplanung zu Beginn und am Ende des Praxissemesters vor.

Analog berichten Kempin, Kulgemeyer und Schecker (in diesem Band) erste Ergebnisse zu Veränderungen der Reflexionsfähigkeit der Studierenden während des Praxissemesters.

### **Hinweis**

Profile-P+ wird gefördert im Rahmen des BMBF-Rahmenprogramms KoKoHs (FKZ 01PK15005A-D).



## Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), S. 469–520.
- Blömeke, S., Gustafsson, J., & Shavelson, R. (2015). Beyond dichotomies. Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3 – 13
- Cauet, E. (2016). *Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten*. Berlin: Logos.
- Harden, R., Stevenson, M., & Wilson, W., G., W. (1975). Assessment of clinical competence using objective structured examination. *British Medical Journal*, 1, 447 – 451.
- Korneck, F., Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik*. Berlin: Logos.
- Kulgemeyer, C. & Tomczyszyn, E. (2015). Physik erklären können – Diagnostik adressatengemäßer Erklärenskompetenz angehender Physiklehrkräfte in einem unterrichtsnahen standardisierten Setting. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 21(1), S. 111-126. <sup>11</sup><sub>SEP</sub>
- Kulgemeyer C. & Riese J. (2018) From professional knowledge to professional performance: The impact of CK and PCK on teaching quality in explaining situations. *Journal of Research in Science Teaching*, 2018, 1 – 26.
- Liepert, S. & Borowski, A. (2018). Testing the Consensus Model: relationships among physics teachers' professional knowledge, interconnectedness of content structure and student achievement, *International Journal of Science Education*, DOI: 10.1080/09500693.2018.1478165
- Miller, G. E. (1990). The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic Medicine*, 65(9), S. 563–567.
- Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, DOI 10.1007/s40573-017-0059-2.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H., Gramzow, Y., Reinhold, P., Schecker, H. & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke, & O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.). *Kompetenzen von Studierenden: 61. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik* (S. 55-79). Weinheim: Beltz.
- Sorge, S., Keller, M., Petersen, S. & Neumann, K. (2018). Die Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte. In C. Maurer (Hrsg.). *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Regensburg 2017* (S. 114-117). Universität Regensburg.
- Vogelsang, C. (2014). *Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz*. Berlin: Logos.
- Vogelsang, C., Borowski, A, Fischer, H.E., Kulgemeyer, C., Reinhold, P., Riese, J. & Schecker (2016). Profile-P+ - Professional Competence in Academic Physics Teacher Education. In H. Pand et al. (Hrsg.). *Modelling and Measuring Competencies in Higher Education – Validation and Methodological Innovations (KoKoHs). Overview of the Research Projects*. URL: [www.kompetenzen-im-hochschulsektor.de/617\\_DEU\\_HTML.php](http://www.kompetenzen-im-hochschulsektor.de/617_DEU_HTML.php)

Patrick Enkrott<sup>1</sup>  
 David Buschhüter<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>1</sup>  
 Hans E. Fischer

<sup>1</sup>Universität Potsdam  
<sup>2</sup>Universität Duisburg-Essen

## **Modellierung und Entwicklung von Fachwissen angehender Physiklehrkräfte**

Lee Shulman stellte bereits Ende der 80er Jahre heraus, dass Fachwissen eine Grundlage für das Unterrichten darstellt (Shulman 1986). Darauf folgende Untersuchungen stützen diese Aussage und stellen das Fachwissen als zentrale Komponente des Professionswissens von Lehrkräften heraus (Baumert und Kunter 2011). Damit wird es häufig als Voraussetzung für erfolgreichen Unterricht angenommen (Baumert et al. 2010; Riese und Reinhold 2012; Woitkowski und Borowski 2017). Obwohl die Bedeutung des Fachwissens für den Physikunterricht daher theoretisch betrachtet kaum noch bezweifelt werden kann, fehlen weitestgehend Erkenntnisse über die Fachwissensentwicklung innerhalb des Studiums der Lehramter Physik. Bisher wurden eher strukturelle Untersuchungen des Fachwissens vorgenommen (Sorge et al. 2017; Woitkowski 2015). Dabei vermittelt das Hochschulstudium vorrangig universitäre Physikinhalt, die zugleich einen hohen Mathematisierungsgrad aufweisen. Daher scheint es nicht verwunderlich, dass das mathematisch-prozedurale Wissen (MPW) von Studierenden prädiktiv für den Studienerfolg zu sein scheint (Buschhüter et al. 2017; Müller et al. 2018). Bisher ist jedoch empirisch kaum belegt, welches Fachwissen Lehrkräfte benötigen (Heinze et al. 2016), um erfolgreich Unterricht gestalten zu können (Ball et al. 2008; Hill et al. 2005).

### **Modellierung von Fachwissen**

Die vorliegende Untersuchung orientiert sich an der ProfiLe-P Studie, sowie den dazugehörigen Vorarbeiten von Josef Riese (Riese 2009). Im Rahmen der Untersuchung wird das Fachwissen daher als dreidimensionales Konstrukt beschrieben, welches sich aus den Facetten des Schulwissens (SW), vertieften Schulwissens (VSW) und universitären Wissens (UW) zusammensetzt (Enkrott et al. 2018; Riese 2009; Gigl et al. 2015). Dabei beschreibt die Facette SW solches Fachwissen, das explizierter Teil der verschiedenen Schulcurricula ist. UW zeichnet sich hingegen durch einen höheren curricularen Fortschritt und Mathematisierungsgrad aus. Die Facette umfasst Inhalte, die Teil der universitären Fachwissensausbildung sind. Während diese beiden Facetten (SW & UW) curricular definiert sind, ist die Facette VSW Theorie basiert. Sie bezieht sich auf den Teilbereich des Fachwissens, der 1. einen sicheren Umgang mit Modellgrenzen, 2. das Erkennen von Herleitungs- und Lösungsansätzen, sowie 3. das Identifizieren von Unterschieden und Gemeinsamkeiten von physikalischen Entitäten ermöglicht (Riese et al. 2015; Gigl et al. 2015). Diese Modellierung erlaubt es innerhalb des Gesamtprojekts ProfiLe-P+ differenzierte Aussagen über die Bedeutung verschiedener Fachwissensfacetten für die Handlungssituationen des Planens, Reflektierens und Erklärens zu machen. So deuten erste Ergebnisse von Kulgemeyer und Riese (2018) darauf hin, dass im Gegensatz zum UW besonders das VSW und das SW bedeutsam für die Handlungssituation des Erklärens sind.

### **Forschungsfrage**

Fasst man die bisherigen Erkenntnisse zusammen, so stellt man fest, dass es zwar Untersuchungen zur Struktur des Fachwissens gibt, differenzierte Untersuchungen zu Entwicklungsverläufen sind jedoch kaum zu finden. Der Einfluss des MPW auf die Fachwissensentwicklung wird zum ersten Mal von Müller et al. (2018) für das erste Jahr des Studiums der Physik beschrieben. Daher ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

- Wie entwickelt sich Fachwissen im Verlauf eines Lehramtsstudiums im Fach Physik auf den drei Facetten (SW, VSW, UW)?
- Welchen Einfluss nimmt das mathematisch-prozedurale Wissen auf die Fachwissensentwicklung auf den postulierten Facetten (SW, VSW, UW)?

### Design

Um die Forschungsfragen beantworten zu können, wurde ein Fachwissenstest an elf deutschen Hochschulen zu bisher zwei Messzeitpunkten im Bachelor Lehramt und an vier Hochschulen zu zwei Messzeitpunkten im Master Lehramt eingesetzt. Im Bachelor bedeutet dies eine Untersuchung des Fachwissens zu Beginn des ersten und dritten Semesters. Im Master wurde das Fachwissen hingegen vor und nach einer längeren Praxisphase, dem Praxissemester, erhoben.

Der eingesetzte Fachwissenstest besteht aus drei Teilen. Einem Fachwissenstest- und einem Test zum mathematisch-prozeduralen Wissen, sowie einer Abfrage demografischer Daten. Das Fachwissen wird mittels 48 Items aus den Bereichen Schwingungen & Wellen, Impuls, Energie und Newton erhoben. Dabei wurden die Items über die drei Facetten verteilt (SW (20), VSW (14), UW (14)). Innerhalb des Rechentests wird das mathematisch-prozedurale Wissen (MPW) mittels 33 Items aus den Bereichen Differenzieren, Integrieren, Gleichungen und Trigonometrie erhoben. Bei der Abfrage der demografischen Daten werden beispielsweise belegte Kurse, sowie die Schulbildung erhoben. Die Gesamttestdauer beträgt 90 min. Die Testergebnisse der Studierenden wurden mithilfe individueller Codes anonymisiert über die Testzeitpunkte verbunden.

### Stichprobe

Durch dieses Vorgehen konnten bisher Fachwissensdaten zu 804 Bachelor- und 99 Masterstudierenden erhoben werden (Tab. 1). Hier stellen  $t_1$  und  $t_2$  die zwei Messzeitpunkte dar. Es handelt sich hierbei sowohl um Monofach- als auch um Lehramtsstudierende.  $N_{\text{verbunden}}$  beschreibt daher die Monofach- und Lehramtsstudierenden, die mittels des Testcodes über die zwei Messzeitpunkte verbunden werden konnten.  $N_{\text{LA verbunden}}$  stellt hingegen gesondert die verbundenen Lehramtsstudierenden dar.

|          | $N_{\text{total}}$ | $t_1$ | $t_2$ | $N_{\text{verbunden}}$ | $N_{\text{LA verbunden}}$ |
|----------|--------------------|-------|-------|------------------------|---------------------------|
| Bachelor | 804                | 547   | 257   | 136                    | 46                        |
| Master   | 99                 | 57    | 42    | 31                     | 31                        |

*Tabelle 1. Stichprobe*

### Ergebnisse

Die nachfolgend präsentierten Fachwissenszuwächse wurden mittels einer längsschnittlich ausgeführten Rasch-Analyse geschätzt. Eine Überprüfung der Dimensionalität des Fachwissens lieferte mittels Vergleich des AIC und BIC Evidenz für die postulierte Dreidimensionalität des Konstrukts. Darüber hinaus zeigten sich gute Reliabilitäten für die verschiedenen Fachwissensfacetten, SW (EAP/PV = 0.83), VSW (EAP/PV = 0.76) und UW (EAP/PV = 0.76). Um die Stichprobe ausreichend groß zu halten, wurden für die Schätzungen Monofachstudierende hinzugenommen. Nachfolgend dargestellt werden jedoch Ergebnisse des Bachelor- und Masterlängsschnitts (Tab. 2 & 3) des Lehramts.

Der Längsschnitt vom 1. zum 3. Semester Bachelor Lehramt zeigt signifikante Zuwächse auf allen postulierten Dimensionen mit großen Effektstärken (Tab. 2.). Der Längsschnitt im Master weist hingegen nur signifikante Zuwächse für das universitäre Wissen mit einer mittleren Effektstärke auf (Tab. 3).

| Dimension | Theta-t <sub>1</sub> |      | Theta-t <sub>2</sub> |      | t    | p     | Cohen's d |
|-----------|----------------------|------|----------------------|------|------|-------|-----------|
|           | M                    | SD   | M                    | SD   |      |       |           |
| SW        | -0.08                | 0.85 | 0.58                 | 0.85 | 5.95 | <.001 | 0.88      |
| VSW       | -0.13                | 0.49 | 0.37                 | 0.55 | 6.36 | <.001 | 0.94      |
| UW        | -0.005               | 0.55 | 0.62                 | 0.66 | 6.31 | <.001 | 0.93      |

*Tabelle 2. Längsschnittlicher Vergleich der Bachelor Lehramtsstudierenden vom 1. zum 3. Semester, N=46*

| Dimension | Theta-t <sub>1</sub> |      | Theta-t <sub>2</sub> |      | t    | p     | Cohen's d |
|-----------|----------------------|------|----------------------|------|------|-------|-----------|
|           | M                    | SD   | M                    | SD   |      |       |           |
| SW        | 0.59                 | 0.81 | 0.77                 | 0.73 | 1.42 | 0.17  | 0.28      |
| VSW       | 0.26                 | 0.52 | 0.43                 | 0.48 | 1.99 | 0.058 | 0.40      |
| UW        | 0.39                 | 0.63 | 0.62                 | 0.57 | 2.43 | 0.023 | 0.49      |

*Tabelle 3. Längsschnittlicher Vergleich der Master Lehramtsstudierenden vor und nach dem Praxissemester, N=31*

Für die zum 1. Semester erhobene MPW und den Fähigkeitszuwachs - also die Differenz der Fähigkeiten vom 1. zum 3. Semester - zeigt sich ein signifikanter positiver Zusammenhang für das VSW und das UW. Es handelt sich hierbei sowohl um Monofach- als auch Lehramtsstudierende.

|     | r      | t     | df  | p     |
|-----|--------|-------|-----|-------|
| SW  | -0.016 | -0.19 |     | 0.82  |
| VSW | 0.25   | 2.99  | 138 | 0.003 |
| UW  | 0.20   | 2.42  |     | 0.017 |

*Tabelle 4. Zusammenhang zwischen MPW 1. Semester und dem Fähigkeitszuwachs vom 1. zum 3. Semester, N=137 (hier Monofach und Lehramt gemeinsam); EAP/PV= 0.83*

### Diskussion & Ausblick

Der zu Forschungsfrage 2 gefundene positive Zusammenhang zwischen MPW und den Fähigkeitszuwächsen der Facetten VSW und UW ist insbesondere im Kontrast zur Facette SW auffällig. Der Unterschied könnte dadurch zustande kommen, dass SW im Gegensatz zu UW und VSW eine geringere Mathematisierung aufweist.

Mit Blick auf Forschungsfrage 1 lässt sich feststellen, dass alle untersuchten Fachwissensfacetten signifikante Zuwächse zeigen, wobei besonders die Zuwächse im Bereich des vertieften Schulwissens (VSW) interessant erscheinen, da es für diese Fachwissensfacette in der Regel keine vorgesehenen Lerngelegenheiten gibt. Derart große Zuwächse lassen sich für die Masterstudierenden nicht finden. Hier weist lediglich die Facette des Universitären Wissens (UW) signifikante Zuwächse auf, wobei festzuhalten ist, dass die Masterstudierenden nach dem Praxissemester lediglich auf das Fähigkeitsniveau der Bachelorstudierenden gelangen. Einschränkend anzumerken ist, dass es sich hierbei um andere Studierende handelt als im Bachelor. Zudem ist die Stichprobe im Master, unter anderem aufgrund von Studienabbruch (Heublein 2017) eher klein. Um zusätzliche Einsicht in die Ergebnisse zum Zuwachs der Masterstudierenden zu bekommen, werden in Zukunft bereits erhobene Zusatzinformationen zu unterrichteten Inhalten im Praxissemester einbezogen. Für die Bachelorstudierenden werden die belegten Kurse näher in den Blick genommen, um ebenfalls Zuwächse detaillierter auflösen und begründen zu können.

Offen bleibt die Frage, welches Fachwissen besonders relevant für das Unterrichten ist. Dieser Frage wird im Gesamtprojekt ProfiLe-P+ besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

## Literatur

- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407. doi:10.1177/0022487108324554
- Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das mathematikspezifische Wissen von Lehrkräften, kognitive Aktivierung im Unterricht und Lernfortschritte von Schülerinnen und Schülern. In *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 163–192). Münster [u.a.]: Waxmann.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., et al. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180. doi:10.3102/0002831209345157
- Buschhüter, D., Spoden, C., & Borowski, A. (2017). Studienerfolg im Physikstudium: Inkrementelle Validität physikalischen Fachwissens und physikalischer Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 127–141. doi:10.1007/s40573-017-0062-7
- Enkrott, P., Buschhüter, D., & Borowski, A. (2018). Modeling and Development of Professional Content Knowledge of Pre-Service Physics Teachers. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017* (Bd. 38, S. 896).
- Grangeat, M. (2016). *Understanding Science Teachers' Professional Knowledge Growth*. Rotterdam: SensePublishers. <http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=4188243>. Zugegriffen: 1. Dezember 2017
- Heinze, A., Dreher, A., Lindmeier, A., & Niemand, C. (2016). Akademisches versus schulbezogenes Fachwissen – ein differenzierteres Modell des fachspezifischen Professionswissens von angehenden Mathematiklehrkräften der Sekundarstufe. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 19(2), 329–349. doi:10.1007/s11618-016-0674-6
- Heublein, U. (2017). *Zwischen Studierenerwartungen und Studienwirklichkeit: Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen*. Hannover: DZHW, Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung.
- Hill, H. C., Rowan, B., & Ball, D. L. (2005). Effects of Teachers' Mathematical Knowledge for Teaching on Student Achievement. *American Educational Research Journal Summer*, 42(2), 371–406.
- Kulgemeyer, C., & Riese, J. (2018). From professional knowledge to professional performance: The impact of CK and PCK on teaching quality in explaining situations. *Journal of Research in Science Teaching*. doi:10.1002/tea.21457
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Logos Verlag, Berlin.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y., et al. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft* 61, 55–79.
- Riese, J., & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 111–143. doi:10.1007/s11618-012-0259-y
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. doi:10.3102/0013189X015002004
- Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S., & Neumann, K. (2017). Structure and development of pre-service physics teachers' professional knowledge. *International Journal of Science Education*, 1–28. doi:10.1080/09500693.2017.1346326
- Woitkowski, D. (2015). *Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung: Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung*. Berlin: Logos Verlag
- Woitkowski, D., & Borowski, A. (2017). Fachwissen im Lehramtsstudium Physik. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (S. 57–74). Berlin: Logos Verlag.
- Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Borowski, A., Dammann, E., Lang, M. & Fischer, H. E. (2018). Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0082-y>
- Gigl, F., Zander, S., Buchwald, F., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2016). Erfassung des Fachwissens von Lehramtsstudierenden der Physik. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. (S. 184-186). Regensburg: Universität Regensburg.
- Gigl, F., Spoden, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H.E. (2015). Entwicklung von physikalischem Fachwissen im ersten universitären Semester. In: *Heterogenität.Wert.Schätzen*. Abstractband. 3. Jahrestagung der Gesellschaft für Empirische Bildungsforschung (GEBF). Bochum 11. – 13. März 2015 (S.419). Verfügbar unter: <http://www.gebf2015.de/Abstractband.pdf>

Jan Schröder<sup>1</sup>  
 Christoph Vogelsang<sup>2</sup>  
 Josef Riese<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen University  
<sup>2</sup>Universität Paderborn

## Untersuchung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Physikunterricht

### Motivation

Die Fähigkeit, Unterricht gezielt und nach wissenschaftlichen Erkenntnissen zu gestalten, stellt eine zentrale Anforderung an professionelle Lehrkräfte dar (KMK, 2004) und kann im beruflichen Alltag einer Lehrperson als eine Standardaufgabe betrachtet werden. Die Unterrichtsplanung wird dabei häufig als ein zirkulärer Prozess angesehen (Shavelson & Stern, 1981), bei dem Ausgangsbedingungen analysiert werden, Entscheidungen über Aktivitäten getroffen werden und anschließend über den Unterricht reflektiert wird. Dabei soll die Unterrichtsplanung die planende Lehrperson zu flexiblem Unterrichtshandeln befähigen (Klafki, 2007).

Als genutzte Ressource bei der Planung von Unterricht wird häufig das Professionswissen betrachtet, welches in der Regel als Fachwissen (FW), fachdidaktisches Wissen (FDW) und erziehungswissenschaftliches Wissen (EW) modelliert wird (vgl. Shulman, 1986; Baumert & Kunter, 2006). Trotz der angenommenen Wirkung des Professionswissens auf die Qualität der professionellen Handlung bzw. auf die Qualität der Unterrichtsplanung, konnten bisher jedoch nur wenige Zusammenhänge zwischen dem Professionswissen einerseits und mittels Videographie erfasster Unterrichtsqualität andererseits ermittelt werden (z.B. Cauet et al., 2015; Vogelsang, 2014). Das Auffinden von Zusammenhängen wird insbesondere auch dadurch erschwert, dass die Erfassung von Unterrichtsqualität im realen Unterricht methodisch hoch anspruchsvoll ist und vielen Randbedingungen unterliegt, die statistisch unkontrollierbar sind.

Das Verbundprojekt ProfiLeP+ versucht daher, Zusammenhänge zwischen Professionswissen und kontrollierten Standardsituationen des beruflichen Handelns zu erfassen, wobei die gewählten Situationen die Unterrichtsplanung, das Erklären von Physik und die Reflexion von Physikunterricht (Kempin, Kulgemeyer & Schecker, in d. Band) darstellen. In diesem Beitrag erfolgt ein Fokus auf die Untersuchungen zur Unterrichtsplanung.

### Ansätze zur Operationalisierung schriftlicher Unterrichtsplanungen

Insbesondere bei Berufsanfängern stellt das Anfertigen schriftlicher Unterrichtsplanungen einen wichtigen Schritt auf dem Weg zur Professionalisierung dar, indem sie das Herausbilden von Handlungsskripten bei der Planung und Reflexion von Unterricht unterstützen (Stender, 2014). Allgemein können dabei die beiden Zielklassen der *Handlungsvorbereitung* und der *Legitimation* unterschieden werden (Vogelsang & Riese, 2017). Eine qualitativ hochwertige Planung zeichnet sich demnach sowohl durch eine hohe Begründungsqualität als auch durch eine hohe Designqualität aus, welche sich für den Physikunterricht z.B. an den Grundpfeilern der didaktischen Rekonstruktion orientiert (vgl. Kattman et al., 1997).

Die Erfassung der Planungsqualität bzw. der Fähigkeit zur Planung geschieht zumeist auf zwei verschiedene Arten. Einerseits werden schriftliche Wissenstest mit Vignetten (z.B. Baer et al., 2011) verwendet, um das Wissen über Planung standardisiert zu erfassen, allerdings ist diese Art der Testung wenig authentisch. Andererseits können reale Unterrichtsplanungen, die z.B. während des Vorbereitungsdienstes angefertigt wurden, analysiert werden (z.B. Hasenkamp, Windt & Rumann, 2016; König, Buchholtz & Dohmen, 2015). Zwar liegt hier eine authentische Planungssituation vor, allerdings führt die Heterogenität der Lerngruppen und der zu planenden Inhalte zu Schwierigkeiten bei der Bewertung des Planungsprodukts.

### Ziele

In diesem Teilprojekt soll daher in Anlehnung an Miller (1990) ein *Performanztest* zur Unterrichtsplanung entwickelt werden, indem eine authentische und standardisierte Handlungssituation kreiert wird, in der die Probanden unter möglichst realitätsnahen, kontrollierten Bedingungen handeln sollen. Zunächst soll der Performanztest zur Unterrichtsplanung auf seine Validität hin untersucht werden (FF1). Daran anschließend soll der Zusammenhang zwischen der Performanz bei der Unterrichtsplanung und den Bereichen professionellen Wissens untersucht werden (FF2). Schließlich soll untersucht werden, welche Veränderungen der Planungsfähigkeit sich während einer längeren Praxisphase beobachten lässt. (FF3), da anzunehmen ist, dass das Ansammeln von Erfahrungen und das Ausbilden von Handlungsskripten durch erste Berufserfahrungen begünstigt wird.

### Methode

Ausgehend vom Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattman et al., 1997) und verschiedenen Planungsratgebern sowie fachdidaktischen Lehrwerken (z.B. Bennack, 2004; Becker, 2007; Tulodziecki, 2004) wurde zunächst ein Performanztest entwickelt, bei dem Studierende für eine fiktive Lerngruppe eine Unterrichtsstunde mit vorgegebenen Lernzielen zum dritten Newtonschen Axiom planen und dokumentieren sollen. Neben einer kurzen Beschreibung der Lerngruppe und Auszügen aus zwei schulischen Lehrwerken sowie einer Online-Quelle wird dazu den Studierenden ein vorstrukturiertes Planungspapier zur Verfügung gestellt. Dies beinhaltet die Elemente *fachliche* sowie *fachdidaktische Voraussetzungen*, *Schülvorstellungen*, *Aufgaben* bzw. *Fragestellungen*, *Experimente*, *Tafelbild*, *Begründungen* sowie einen *Verlaufsplan*, wodurch eine höhere Vergleichbarkeit der einzelnen Planungsdokumente gewährleistet werden soll.

Das Testinstrument wurde an vier deutschen Hochschulen zusammen mit Instrumenten zur Erfassung des Professionswissens (Enkrott et al., in d. Band; Riese, Gramzow & Reinhold, 2017, Riese, 2009)) jeweils vor und nach dem Praxissemester eingesetzt. Zudem wurden weitere demographische Daten sowie Informationen zu Erfahrungen und Betreuungsverhältnissen im Praxissemester erhoben, sodass weitere Analysen ermöglicht werden. Es wurden somit  $N = 150$  Planungstests erhoben, von denen mittels eines persönlichen Codes  $N_p = 120$  Planungen zu Pre-Post-Paaren ( $\triangleq 60$  Personen) zusammengeführt werden konnten.

Zur Bewertung der Planungen wurde literaturbasiert und ergänzt mittels eines induktiven Ansatzes ein Modell entwickelt, das mit aktuell 26 Codieritems relevante Bereiche der Planung von Physikunterricht (*Fachlicher Inhalt*, *Kontexte*, *Experimente*, *Aufgaben*, *Elementarisierung*, *Kompetenzen*, *Lernvoraussetzungen*) scoren soll, wobei zum Bereich *Aufgaben* bislang (Okt. 2018) noch keine Codieritems vorliegen.

### Ergebnisse

Zur konvergenten Validierung (FF1) wurden bisher Experteninterviews mit Fachleitern durchgeführt. Dabei wurde für drei ausgewählte Planungsdokumente untersucht, in wie weit die subjektive Qualitätseinschätzung der Fachleiter mit der Bewertung, die mithilfe des Codieremanuals gefunden wurde, übereinstimmt. Die Ergebnisse (vgl. Tab. 1) zeigen, dass die Fachleiter untereinander zu ähnlichen Bewertungen der drei Planungsdokumente gelangen und dass diese Bewertung mit der durch das Manual bei zwei Planungen gut übereinstimmt.

|                             | Planung A  | Planung B  | Planung C  | Erreichbar                |
|-----------------------------|------------|------------|------------|---------------------------|
| <b>Testscore</b>            | <b>46%</b> | <b>17%</b> | <b>73%</b> | 100% bis 0%               |
| Fachleiter 1                | 4          | 6          | 2          | Schulnoten<br>von 1 bis 6 |
| Fachleiter 2                | 3/4        | 4/5        | 2-         |                           |
| Fachleiter 3                | 3/4        | 5          | 1/2        |                           |
| <b>Fachleiter gemittelt</b> | <b>4+</b>  | <b>5</b>   | <b>2+</b>  |                           |

Tab. 1: Ergebnisse aus der Expertenbefragung zur konvergenten Validierung.

Bisher konnten 54 Unterrichtsplanungen mit den 26 vorläufigen Codieritems bewertet werden, wobei zu jedem Codieritem maximal 1 Punkt vergeben wurde. Im Mittel erreichten die Studierenden  $12.8 \pm 3.9$  Punkte, wobei sich die relativen Lösungshäufigkeiten der Codieritems im Intervall  $[0.09, 0.93]$  befinden ( $M = 0.49 \pm 0.23$ ) und die Gesamtpunkteverteilung nicht sign. von einer Normalverteilung abweicht.

Darüber hinaus wurde für eine Teilstichprobe ( $N = 17$ ) ein Vergleich zwischen den standardisierten Unterrichtsplanungen und realen, im Praxissemester angefertigten Unterrichtsplanungen durchgeführt. Aufgrund der heterogenen Rahmenbedingungen wurde untersucht, in wie weit sich das Planungsverhalten bei einem ähnlichen Planungspapier bezüglich Vollständigkeit und Umfang unterscheidet. Dazu wurden Codieritems aus dem Manual angepasst und induktiv weitere Items generiert und gescort. Die Items gehören zu den Aspekten des theoretischen Modells sowie den Aspekten *Verlaufsplan* und *Tafelbild*. Die Ergebnisse liefern Hinweise darauf, dass sich das Planungsverhalten für reale und fiktive Lerngruppe nicht maßgeblich voneinander unterscheidet, weshalb angenommen wird, dass mit dem standardisierten Performanztest eine weitgehend authentische Situation vorliegt.

Zu FF2 und FF3 wurden erste Analysen für eine Teilstichprobe, ausgehend von den vorläufigen Codierungen des Planungstests, durchgeführt. Die Zusammenhänge zwischen dem Professionswissen und dem Gesamtscore des Planungstests sowie exemplarisch für den Aspekt *Experimente* ist in Tab. 2 dargestellt. Bisher konnten keine sign. Zusammenhänge zwischen der gezeigten Planungsperformanz sowie den Bereichen des Professionswissens nachgewiesen werden, allerdings wurden erst ein Drittel der Planungstests ausgewertet. Die Skalenreliabilität des gesamten Planungstests ist akzeptabel wohingegen die Skalenreliabilität für einzelne Aspekte bisher noch unzureichend ist, weshalb hier weitere Arbeitsschritte folgen.

| MZIP1 & 2                       | Cronbach<br>$\alpha$ | FW ( $N = 36$ ) |      | FDW ( $N = 44$ ) |      | EW ( $N = 37$ ) |      |
|---------------------------------|----------------------|-----------------|------|------------------|------|-----------------|------|
|                                 |                      | r               | p    | r                | p    | R               | p    |
| Gesamtpunktzahl<br>Planungstest | 0.73                 | 0.13            | 0.46 | 0.20             | 0.19 | 0.25            | 0.14 |
| Nur Aspekt<br>Experimente       | 0.39                 | 0.21            | 0.22 | 0.18             | 0.24 | 0.13            | 0.44 |

Tab. 2: Korrelationen zwischen dem Gesamtscore des Planungstests und dem Teilscore „Experimente“ mit den Gesamtscores der Tests zum Professionswissen (FW, FDW, EW).

Im Längsschnitt vor und nach dem Praxissemester zeigte sich bisher für 25 Probanden eine signifikante Zunahme der Planungsfähigkeit mit mittlerer Effektstärke, ebenso konnten z.B. für den Teilscore *Experimente* eine Zunahme festgestellt werden.

|                                          | Messzeitpunkt 1<br>( $N_1 = 25$ ) |     | Messzeitpunkt 2<br>( $N_2 = 25$ ) |     | Messzeitpunkt 1 →<br>Messzeitpunkt 2 |            |
|------------------------------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|--------------------------------------|------------|
|                                          | Mean                              | SD  | Mean                              | SD  | Differenz                            | Cohens $d$ |
| Gesamtpunktzahl<br>Planungstest (Max=26) | 11.6                              | 3.3 | 13.8                              | 4.2 | 2.2*                                 | 0.47       |
| Nur Aspekt<br>Experimente (Max=9)        | 5.0                               | 1.3 | 5.8                               | 1.7 | 0.8*                                 | 0.44       |

Tab. 3: Längsschnittliche Betrachtung der Ergebnisse des Planungstests. \*:  $p < 0.05$ .

### Ausblick

Neben der Erweiterung des Codiermanuals, speziell zum Aspekt *Aufgaben*, und weiteren Validierungsschritten soll zunächst geprüft werden, in wie weit eine Gewichtung der Codieritems sinnvoll ist. Nach vollständiger Codierung aller Planungstests sind weitere Analysen, auch auf Subskalenebene im Längsschnitt sowie im Vergleich zu den Bereichen des Professionswissens geplant. Darüber hinaus sollen die Informationen aus den Praxissemesterbefragungen auf die Veränderung der Planungsfähigkeit bezogen werden.



## Literatur

- Baer, M., Kocher, M., Wyss, C., Guldemann, T., Larcher, S., Dörr, G. (2011). Lehrerbildung und Praxiserfahrung im ersten Berufsjahr und ihre Wirkung auf die Unterrichtskompetenz von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. *Zeitschrift für Pädagogik*, 2011(4), S. 85-117.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Cauet, E., Liepert, S., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2015). Does it Matter What We Measure? Domain-specific Professional Knowledge of Physics Teachers. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 37 (3), 463–480
- Enkrott, P., Buschhüter, D., Borowski A. Fischer, H. (In d. Band). Entwicklung des Fachwissens von lehramtsstudierenden in der Physik.
- Hasenkamp, A., Windt, A., Rumann, S. (2016). Qualität der Sachunterrichtsplanung im Vorbereitungsdienst. In C.Maurer: Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. GDC, Regensburg
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., Komorek M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In *Zeitschrift für Pädagogik*, 3(3), 3-18
- Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (In d. Band). Entwicklung der Reflexionsperformanz bei Physiklehramtsstudierenden.
- Klafki, W (2007). Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. Weinheim, Basel: Beltz.
- KMK (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften - Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004.
- König, J., Buchholtz, C. & Dohmen, D. (2015). Analyse von schriftlichen Unterrichtsplanungen: Empirische Befunde zur didaktischen Adaptivität als Aspekt der Planungskompetenz angehender Lehrkräfte. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18 (2), 375-404.
- Miller, G.E. (1990): The Assessment of Clinical Skills/Competence/&Performance. *Academic Medicine* 64(9), 63-67
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos
- Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Das fachdidaktische Wissen von Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, S. 99-112. DOI 10.1007/s40573-017-0059-2.
- Shavelson, R. J., & Stern, P. (1981). Research on Teachers' Pedagogical Thoughts, Judgments, Decisions, and Behavior. *Review of Educational Research*, 51(4), 455–498.
- Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften.
- Vogelsang, C., Riese, J. (2017). Wann ist eine Unterrichtsplanung 'gut'? – Planungsperformanz in Praxisratgebern zur Unterrichtsplanung. In Wernke, S., Zierer, K.: Die Unterrichtsplanung: Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?!

Maren Kempin  
 Christoph Kulgemeyer  
 Horst Schecker

Universität Bremen  
 Institut für Didaktik der Naturwissen-  
 schaften, Abtlg. Physikdidaktik

### **Erste Einblicke in die Entwicklung der Reflexionsfähigkeit von Physiklehramtsstudierenden im Praxissemester**

In vielen Bundesländer absolvieren die Studierenden mittlerweile ein Praxissemester, bei dem sie u.a. ihr universitär erlangtes Professionswissen nutzen sollen, um Unterricht zu planen, durchzuführen und zu reflektieren. Allerdings ist der Zusammenhang zwischen Professionswissen, Kompetenz und der Handlungsqualität in Unterrichtssituationen bislang weitgehend ungeklärt (z.B. Vogelsang, 2014; Cauet, 2016; Korneck et al. 2017). Das hier vorgestellte Teilprojekt des Verbundprojekts ProfiLe-P+ widmet sich dieser Lücke, indem (1) der Einfluss von Fachwissen (FW) und fachdidaktischen Wissen (FDW) und (2) der Einfluss des Praxissemesters als Lerngelegenheit für praktisches Lehrerhandeln auf die Handlungsqualität beim Reflektieren von Physikunterricht untersucht wird. Dazu wurde ein Performanztest zur Beurteilung der Handlungsqualität beim Reflektieren entwickelt, der zusammen mit Wissenstests zum FW und FDW im pre-post-Testdesign an den Projektstandorten eingesetzt wurde. Erste Ergebnisse zu (2) werden nachfolgend berichtet.

#### **Erhebungsmethode: Reflexionsperformanztest**

Die Handlungsqualität in Unterrichtssituationen wird zumeist durch Videografie von realem Unterricht untersucht und beurteilt. Unkontrollierbare Variablen, ein hoher Aufwand bei der Auswertung und eine fehlende Standardisierung begrenzen dabei eine (statistisch) aussagekräftige Vergleichbarkeit. Um diese zu erreichen, wurde in Anlehnung an Methoden in der Mediziner Ausbildung (Miller, 1990) ein Performanztest zur Erfassung der Handlungsqualität beim Reflektieren entwickelt (Kempin et al. 2018): In einem online-basierten Videovignetentest werden die Studierenden in die Situation einer kollegialen Supervision versetzt. Dabei wird ein Dialog simuliert, in dem ein fiktiver Mitpraktikant die Studierenden durch verbale Prompts (z.B. „Was sagst du dazu, wie ich meinen Unterricht begonnen habe?“) um ein Feedback zu Ausschnitten seiner (geskripteten) Physikdoppelstunde bittet. Diese Unterrichtsausschnitte und die darauf bezogenen Prompts geben dabei Reflexionspunkte vor, die die Studierenden in ihrer Reflexion ansprechen können. So wird eine standardisierte, authentische Situation geschaffen, in der die Reflexionsfähigkeit der Studierenden in der Handlung zum Ausdruck kommt.

#### **Beurteilung der Reflexionsqualität**

Die Reflexionen, die die Studierenden in der simulierten kollegialen Supervision vornehmen, werden anhand des Modells zur Reflexion von Physikunterricht (Nowak et al., 2019, in diesem Tagungsband) in ihrer Qualität bewertet. Das Modell hat drei Dimensionen: (I) Elemente der Reflexion, (II) Begründungen und (III) Wissensbasis.

Mittels eines Expertenrating wurde festgelegt, welche Probleme im Unterrichtsausschnitt besonders relevant sind und deshalb Gegenstand der Reflexionen sein sollten und welcher Wissensbasis diese dann zuzuordnen sind. Bei den Reflexionsvideos werden dann die angesprochenen Reflexionspunkte identifiziert und dazu die verschiedenen Elemente der Reflexion (Beschreibung, Bewertung, Alternative und Konsequenz) zu dem jeweiligen Problem kodiert und ggf. Begründungen (zur Bewertung, Alternative und/oder Konsequenz) identifiziert.

### Erste Ergebnisse

Es wurden  $N = 154$  Reflexionsvideos erfasst, von denen  $N = 138$  zu Pre-Post-Paaren zusammengefasst werden konnten ( $\triangleq N = 69$  Studierende, die vor und nach dem Praxissemester den Reflexionstest bearbeitet haben).

In den bisherigen Analysen der Phase der Unterrichtseinstiegs wurden  $N = 33$  Pre-Post-Paare ausgewertet. In der Auswertung erhalten die Probanden gemäß **Tab. 1** für jeden Reflexionspunkt eine Punktzahl, die der dabei höchsten erreichten Reflexionsstufe entspricht. Für die verschiedenen Wissensbasen wurden die erreichten Punkte der einzelnen Reflexionspunkte addiert und normiert.

In **Abb. 1** ist die durchschnittlich erreichte normierte Reflexionsqualität zu den beiden Messzeitpunkten dargestellt. Im Bereich der fachlichen und fachdidaktischen Wissensbasis ist dabei eine nicht-signifikante Abnahme zu erkennen, während im Bereich der erziehungswissenschaftlichen Wissensbasis ein signifikanter Zuwachs mit einer Effektstärke von  $d = .809$  zu verzeichnen ist.

|                        |   |
|------------------------|---|
| Begründete Konsequenz  | 7 |
| Konsequenz             | 6 |
| Begründete Alternative | 5 |
| Alternative            | 4 |
| Begründete Bewertung   | 3 |
| Bewertung              | 2 |
| Beschreibung           | 1 |
| Nicht angesprochen     | 0 |

Tab. 1: Bepunktung der höchsten erreichten Reflexionsstufe

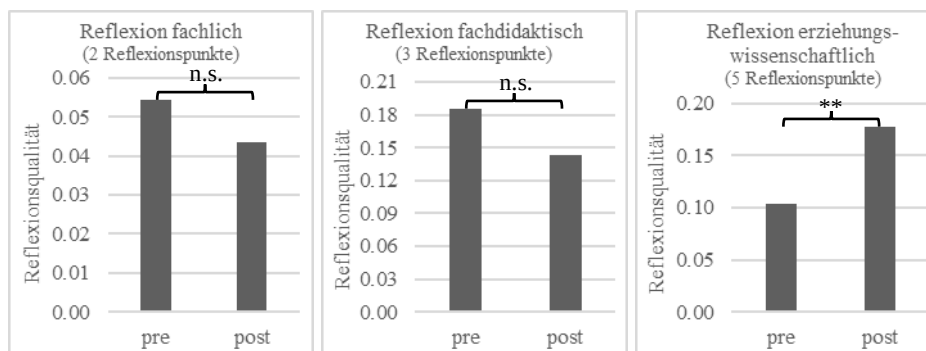


Abb. 1: Entwicklung der Reflexionsqualität im Praxissemester in der fachlichen ( $N = 33$ ), fachdidaktischen ( $N = 30$ ) und erziehungswissenschaftlichen ( $N = 30$ ) Wissensbasis

Mögliche Gründe für eine derartige Fokusverschiebung auf erziehungswissenschaftliche Schwerpunkte in der Reflexion könnten sein, dass (a) FW und FDW im Praxissemester nicht so präsent sind wie erziehungswissenschaftliches Wissen (EW) oder (b) im Praxissemester in Reflexionsgesprächen zumeist über erziehungswissenschaftliche Themen gesprochen wird.

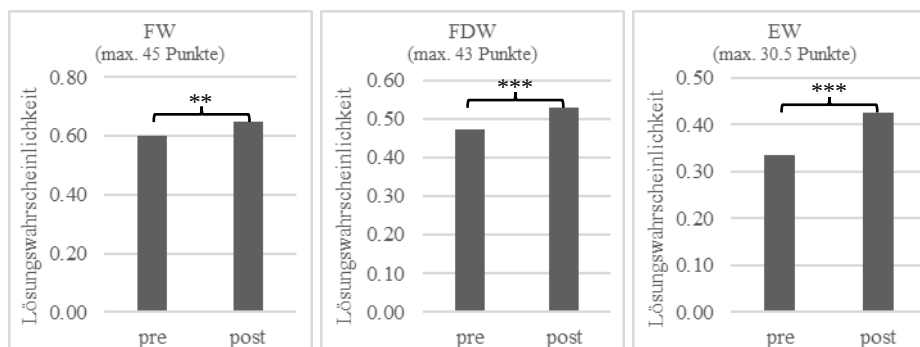


Abb. 2: Entwicklung der Lösungswahrscheinlichkeit in den Wissenstests zum FW ( $N = 53$ ), FDW ( $N = 50$ ) und EW ( $N = 45$ )

Wird die Wissensentwicklung in FW, FDW und EW für diejenigen Studierenden betrachtet, die auch den Reflexionstest bearbeitet haben (Abb. 2), so ist in allen drei Wissensbereichen ein signifikanter Wissenszuwachs mit mittleren Effekten (FW:  $d = .472$ , FDW:  $d = .549$ , EW:  $d = .779$ ) vorzufinden. Daraus könnte man ableiten, dass es keine Akzentuierung einer bestimmten Wissensbasis im Praxissemester gibt – für alle scheinen Lerngelegenheiten zu existieren.

Die Studierenden konnten in einem Praxissemesterfragebogen auf einer Skala von 1 (sehr viel) bis 4 (sehr wenig) angeben, wie ausführlich sie mit ihrem\*r Mentor\*in in Reflexionsgesprächen über bestimmte Themen gesprochen haben. In Abb. 3 ist die durchschnittlich angegebene Häufigkeit der verschiedenen Themen zu sehen.

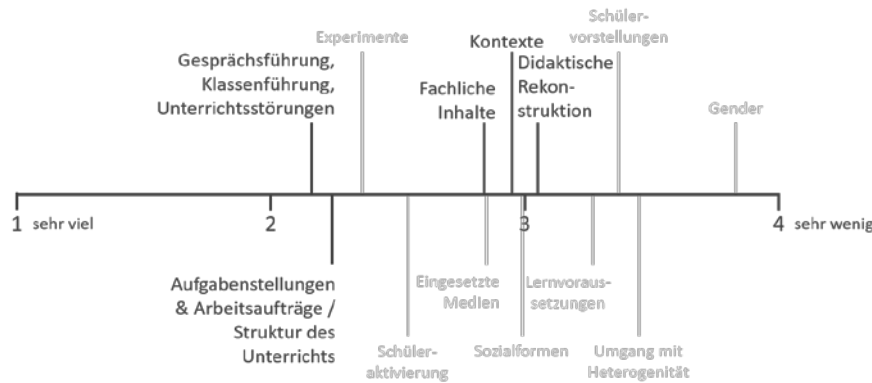


Abb. 3: Thematische Inhalte der Reflexionsgespräche mit dem\*r Mentor\*in

Den Themen *Gesprächsführung*, *Klassenführung*, *Unterrichtsstörung*, *Aufgabenstellungen & Arbeitsaufträge* und *Struktur des Unterrichts* können die erziehungswissenschaftlichen Reflexionspunkte des Unterrichtseinstiegs zugeordnet werden, während die fachlichen Reflexionspunkte zu den *Fachlichen Inhalten* und die fachdidaktischen zur *Didaktischen Rekonstruktion* und den *Kontexten* zählen. Es ist zu sehen, dass die erziehungswissenschaftlichen Punkte mit dem\*r Mentor\*in eher viel und die fachlichen und fachdidaktischen eher wenig besprochen werden. Man könnte also annehmen, dass die Reflexionsgespräche zu einer Fokusverschiebung der Studierenden von fachlichen und fachdidaktischen Aspekten hin zu erziehungswissenschaftlichen führten. Da die Reflexionszeit begrenzt ist, müssen die Studierende in ihren Reflexionen Schwerpunkte selbst legen. Viele Studierende haben vermutlich das Wissen im Bereich FW und FDW, um auch über die entsprechenden Probleme reflektieren zu können; darauf deuten die Wissenstests hin. Auffällig ist, dass auch bei geskriptetem Unterricht (wie in diesem Test), der besonders Probleme im Bereich FW und FDW akzentuiert, vorwiegend über EW reflektiert wird – obwohl dies hier eigentlich nur einen Randaspekt darstellt. Möglicherweise haben die Studierenden in den Reflexionsgesprächen mit den Mentoren erlebt, dass über Themen aus dem Bereich EW vorrangig reflektiert werden muss. Das Praktikum stellt andererseits auch die erste breitere Unterrichtserfahrung dar. Vielleicht haben sie dabei selbst die Einstellung erworben, dass diese Themen von besonderer Wichtigkeit sind und FW oder FDW erst nachgeordnet für den Unterricht relevant sind.

### Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse beruhen auf der Auswertung von Reflexionen zur Phase des Unterrichtseinstiegs. Die Auswertung der übrigen Unterrichtsphasen und der Reflexionen weiterer Probanden laufen zurzeit. Für tiefer gehende Analysen werden weitere Kontrollvariablen herangezogen. Zudem soll der Einfluss von FW und FDW auf die Handlungsqualität beim Reflektieren von Physikunterricht geklärt werden.

### Literatur

- Cauet, E. (2016). *Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 204). Berlin: Logos Berlin.
- Kempin, Maren, Kulgemeyer, Christoph & Schecker, Horst (2018). Reflexion von Physikunterricht: Ein Performanztest. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 884). Universität Regensburg
- Korneck, F., Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In E. Sumfleth & H. Fischler (Hrsg.), *Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften der Chemie und Physik*. Studien zum Physik- und Chemielernen Bd. 200. Berlin: Logos.
- Miller, G. E. (1990). The Assessment of Clinical Skills/Competence/Performance. *Academic Medicine* 65 (9), 63–67.
- Nowak, Anna, Kempin, Maren, Kulgemeyer, Christoph & Borowski, Andreas (2019). Reflexion von Physikunterricht. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. Universität Regensburg
- Vogelsang, C. (2014). *Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 174). Berlin: Logos.

Johann Manthey<sup>1</sup>  
 Martin Gröger<sup>1</sup>  
 Ingo Witzke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Siegen

## Mathematisches Modellieren am Beispiel der Kolorimetrie

### Ausgangslage und Problemfeld

Im Chemieunterricht behandelte Themen setzen häufig mathematische Grundkenntnisse voraus. Sowohl die qualitative wie auch quantitative Auswertung von Messdaten sowie deren Dokumentation und Darstellung in Tabellen, Grafiken und Diagrammen sind Forderungen der KMK und Bestandteil des Unterrichts, wozu ein hohes Maß an mathematisch-chemischen Grundfertigkeiten der SchülerInnen notwendig ist. Ebenso besteht die Forderung die Kompetenzen, die im Mathematikunterricht erworben werden, aktiv im Chemieunterricht anzuwenden.

Die Kompetenzen, die im Mathematikunterricht erworbenen werden, können jedoch nicht automatisch im Chemieunterricht angewendet werden. Sobald ein chemischer bzw. naturwissenschaftlicher Kontext besteht, sinkt die Lösungswahrscheinlichkeit von Aufgaben durch das Umformulieren in eben diesen Kontext stark, obwohl die eigentlichen Operationen identisch bleiben (Kimpel & Sumfleth, 2016). Dies kann an einem mangelnden Verständnis der dahinterliegenden chemischen Zusammenhänge liegen, da beispielsweise Kenntnis über den Ablauf einer chemischen Reaktion bestehen muss, bevor die Anteile der Edukte und Produkte bestimmt werden können (Marohn, 2013). Ebenso möglich ist, dass durch Wechsel unterschiedlicher Darstellungsformen (Graph  $\rightarrow$  algebraischer Ausdruck bzw. algebraischer Ausdruck  $\rightarrow$  Graph) verschiedene Übersetzungsproblematiken entstehen (Geyer, 2015).

Die Arbeitsgruppe Didaktik der Chemie an der Universität Siegen bietet seit einigen Jahren das Projekt „ChemTrucking“ an (Spitzer, Krischer & Gröger, 2015). Mit dem mobilen Labor sind umweltanalytische Untersuchungen direkt vor Ort am außerschulischen Lernort möglich. Dabei generieren SchülerInnen mithilfe von Photometern und Messsonden Messdaten, die anschließend ausgewertet und graphisch dargestellt werden. Während dieser Arbeit entstehen, ebenso wie während der Bearbeitung analoger Aufgaben in der Schule, verschiedene Schwierigkeiten, die im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchung näher betrachtet werden.

### Theoretischer Hintergrund

Ausgegangen wird bei der Bearbeitung einer Aufgabe mit chemisch-mathematischem Kontext von einem idealtypischen Ablauf der Arbeitsschritte in Form eines Kreislaufprozesses nach Goldhausen und DiFuccia (Goldhausen & DiFuccia, 2015). Dieses Kreislaufmodell stellt einen idealtypischen Prozess dar, der beschreibt, wie die optimale Schrittfolge der Bearbeitung einer Aufgabe mit sowohl chemischem, wie auch mathematischem Kontext aussieht.

Ausgehend von dieser Realsituation wird zunächst die eigentliche Situation beschrieben und mit Hilfe eines chemischen Modelles eindeutig strukturiert und dargestellt. Dies ist notwendig, um anschließend ein mathematisch berechenbares Modell zu gestalten. Nach den mathematischen Operationen wird dieser Verlauf entsprechend wieder zurückgeführt, auf die Situation bezogen und die Resultate im Realkontext beschrieben.

Je nach Kontext und Aufgabe wird dieser Idealprozess mehrfach durchlaufen, in der nachfolgend beschriebenen Aufgabe der Studie entsprechend zweimal.

### Studiendesign

Untersucht werden die Arbeiten von SchülerInnen-Zweier-Gruppen, die eine photometrische Phosphatkonzentrationsbestimmung unbekannter Wasserproben durchführen. Verglichen werden die Arbeitsschrittfolgen dieser Zweier-Gruppen mit den zuvor aufgenommenen Expertengruppen, Chemie-LehramtsstudentInnen im Master-Studium, die bereits geschult im Umgang mit einem Photometer sind und bereits Schülergruppen in außerschulischen Praktika betreut haben, ohne jedoch die Optimalreihenfolge nach Goldhausen & DiFuccia zu kennen.

Die Arbeit sowohl der SchülerInnen, als auch der StudentInnen, wird mit Hilfe eines Smart-Pens in einer Think-aloud-Studie aufgezeichnet und miteinander verglichen. Die Aufnahme mittels des Smartpens ermöglicht den Durchführenden eine gewohnte und vertraute Arbeitsumgebung ohne Videoaufzeichnung der Personen, wobei die einzelnen Arbeitsschritte im Folgenden als Video ausgegeben werden können und zusätzlich zu einer Audioaufzeichnung die Identifizierung der Arbeitsschritte ermöglichen.

### Aufnahme der Studentengruppen

Die Studentengruppen zeigen eine Arbeitsreihenfolge, die dem Idealablauf nach Goldhausen & DiFuccia entspricht (Abb. 1).

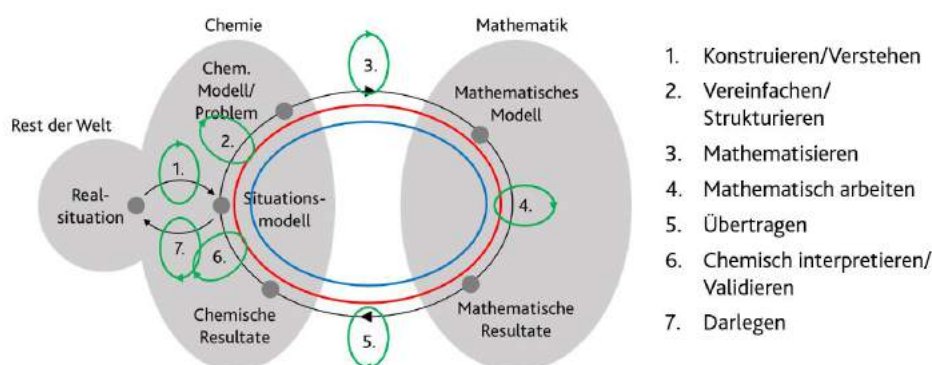


Abb. 1: Idealer Kreislauf der Studenten-Expertengruppe nach Goldhausen (Goldhausen & DiFuccia 2015) mit ergänzender Darstellung des doppelten Durchlaufs und der Evaluierungsschritte

Da die Aufgabe sowohl aus dem Vermessen von Kalibrierproben (○ – blauer Kreis) und dem Vermessen von unbekannten Proben (○ – roter Kreis) besteht, wird der Kreislauf insgesamt zweimal durchlaufen (Der Bezug zur Realsituation wird nur zu Beginn und zum Ende jeweils einmal durchgeführt und ist hier der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet). Auffällig ist, dass sich beide Studentengruppen exakt an diese Arbeitsreihenfolge halten, ohne sie aus der Literatur zu kennen. Zusätzlich evaluieren sie jeden ihrer Arbeitsschritte (○ – grüne Kreise), bevor sie ihre Arbeit weiterführen.

### Aufnahme der Schülergruppen

Exemplarisch dargestellt in Abbildung 2 ist die Arbeitsreihenfolge einer der untersuchten Schülergruppen. Der Übersichtlichkeit halber ist die Abbildung in den ersten und zweiten „Kreislauf“ unterteilt und als zwei Abbildungen nebeneinander dargestellt.

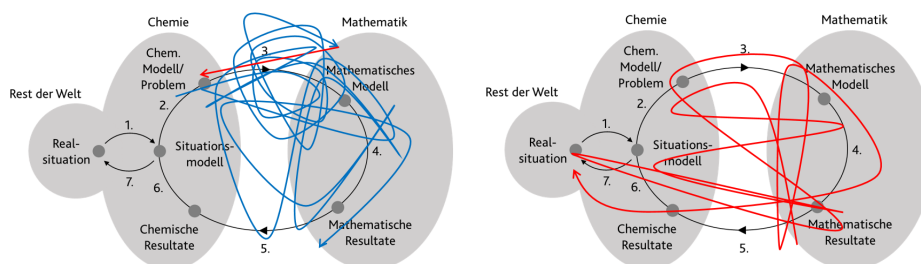


Abb. 2: Darstellung der Arbeitsreihenfolge einer Schülergruppe

Auffällig ist sowohl das sprunghafte Verhalten der Schülergruppe, was auf ein schrittweises Testen hinweist, wie auch der an sich unvollständige Durchlauf. Die Aufgabe wird dabei begonnen ohne – wie es gefordert ist – einen Bezug zu dem in der Aufgabe dargestellten realen Kontext herzustellen. Stattdessen werden die Nachweisreagenzien ohne Beachtung der Anleitung anfänglich willkürlich miteinander vermengt. Dadurch wird getestet, was in jedem Einzelfall geschieht und welche die richtige Reihenfolge der einzelnen Arbeitsschritte sein könnte. Ebenso wird die erste Aufgabe nicht komplett beendet, indem der chemische Kontext wiederhergestellt und auf die eigentliche Situation bezogen wird. Stattdessen werden die bis hierhin ermittelten Werte wieder für weitere Berechnungen innerhalb der zweiten Aufgabe genutzt, die ebenso sprunghaft testend durchgeführt wird.

Die Problemlösestrategien und tatsächlichen Schrittfolgen der zehn untersuchten Schülergruppen unterscheiden sich dabei jedoch äußerst stark voneinander. Vergleichend mit den Untersuchungen von Tuminaro (2007) und Walsh (2007) ist die Arbeit einzelner Schülergruppen in einem Fall von Testen und Probieren („Plug-and-chug“), in einem anderen von Vergleichen mit bereits bekannten Experimenten und in einem nächsten von einer tatsächlich wissenschaftlichen Herangehensweise geprägt (Walsh, 2007).

### Ausblick

Die verschiedenen SchülerInnen-Gruppen zeigen unterschiedliche Herangehensweisen eine solche Aufgabe zu lösen. Sowohl die genauen Arbeitsschritte, wie auch deren Reihenfolgen unterscheiden sich im direkten Vergleich teilweise stark voneinander. Auf Basis der erhobenen Daten sollen diese Schrittfolgen näher analysiert, mögliche Irrwege dargestellt und die tatsächlichen Herangehensweisen miteinander verglichen werden, um anschließend mögliche typische Vorgehensweisen vergleichend beschreiben zu können.



## Literatur

- Geyer, M., Pospiech, G. (2015). Mathematik im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 - Darstellungen funktionaler Zusammenhänge. In: GDCP Tagungsband 2015, S.630-632
- Goldhausen, I., DiFuccia, D. (2015). Mathematische Modelle im Chemieunterricht. Dissertation. S. 83
- Kimpel, L., Sumfleth, E. (2016). Chemieaufgaben – Mathematisierung als schwierigkeiterzeugender Faktor. GDCP Tagungsband. S. 521-523
- Marohn, A. (2013). Chemische Mathematik - Mathematisierungen im Chemieunterricht verstehen lernen. Unterricht Chemie. S. 8-14
- Spitzer, P., Krischer, D. & Gröger, M. (2015). Out and about chemistry – Chemie lernen an außergewöhnlichen Orten draußen. In: Nachrichten aus der Chemie, 63/1. S. 93-95.
- Tuminaro, J., Redish, E. F. (2007). Elements of a cognitive model of physics problem solving: Epistemic games. In: Physical Review Special Topics – Physics Education Research 3, 020101, S. 1-22
- Walsh, L. N., Howard, R. G., Bowe, B. (2007). Phenomenographic study of students' problem solving approaches in physics. In: Physical Review Special Topics – Physics Education Research 3, 020108, S. 1-12

Tilman John  
Erich Starauschek

Professional School of Education  
Stuttgart-Ludwigsburg

## **Wie wird kumulatives Lehren im Physikfachstudium erlebt?** – Ergebnisse einer Interviewstudie –

### **Zusammenfassung**

Um den Erwerb eines professionsbezogenen, vertieften physikalischen Fachwissens in der Lehramtsausbildung zu verbessern, wurde eine Interventionsstudie nach dem Modell des ‚kumulativen Lehrens und Lernens im Lehramtsstudium Physik‘ an der Pädagogischen Hochschule (PH) Ludwigsburg durchgeführt (John & Starauschek, 2018; Rubitzko, Laukenman & Starauschek, 2018). In der Evaluation werden zum einen quantitative Variablen (u.a. physikalisches Fachwissen und Selbstwirksamkeitserwartungen) im Längsschnitt erhoben; zum zweiten wird untersucht, wie die Studierenden die Lehre wahrnehmen und wie sie ihr Lernen beschreiben. Der zweite Aspekt der Evaluation geht zurück auf die Phänomenografie nach Marton & Booth (1997). Studierende der PH werden in einem leitfadengestützten Interview zu Wahrnehmung der Lehre und Lernverhalten befragt. Die Interviews zeigen, dass ein Teil der PH Studierenden die spezifischen Elemente der kumulativen Lehre als hilfreich für das Lernen wahrnimmt, der andere Teil der Studierenden nimmt diese Elemente nicht wahr. Erklären lässt sich dieser Befund mit dem Modell der oberflächlichen und vertieften Herangehensweisen an das Lernen (Marton & Säljö, 1976).

### **Stand der Forschung**

Physikalisches Fachwissen gilt nach dem Modell von Baumert und Kunter (2006) neben fachdidaktischem und pädagogisch-psychologischem Wissen als eine der Kernkompetenzen im Bereich des Professionswissens von Lehrkräften. Dabei ist ungeklärt, welche Breite und Tiefe an physikalischem Fachwissen für kompetentes Handeln im Unterricht notwendig ist. Merzyn (2017) schließt aus den vorliegenden Physikstudierendenbefragungen, dass das im Studium erworbene Fachwissen angehender Physiklehrkräfte ‚unpassend‘ sei. Angehende Lehrkräfte hätten ein hohes physikalisches Fachwissen, das die Studierenden jedoch nur unzureichend dazu befähigt, die Themen des Physikcurriculums der Schule souverän zu unterrichten. Merzyns Interpretation wird durch weitere Befunde unterstützt. Zum einen zeigen Fachwissenstests, dass ein ‚schulbezogenes vertieftes Fachwissen‘ nach dem Fachstudium nur ungenügend vorhanden ist, und angehende Physiklehrkräfte können ihr Fachwissen nicht auf Schulinhalte beziehen (Riese, 2010; Borowski, Kirschner, Liedtke & Fischer, 2011); zudem haben sie selbst schülertypische Alltagsvorstellungen (Abell, 2007). Weiter berichtet Merzyn (2002), dass Referendare häufig das Gefühl haben, sich fachlich nicht auf die Schule vorbereitet zu fühlen, obwohl sie viel Fachwissen erworben haben.

### **Rahmenmodell: Kumulatives Physiklehren und Lernen im Hochschulstudium**

Für die Interventionsstudie wurde ein Lehrmodell entwickelt, das ein lehrerprofessionsbezogenes Fachwissen schon im Fachstudium aufbaut: ‚Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik‘. Es wurde auf Basis kognitionspsychologischer Erkenntnisse zum kumulativen Lernen (u.a. Gagné, 1968, Wittrock, 1974, Lee, 2012) entwickelt und für das Physiklernen erweitert (Starauschek, Rubitzko & Laukenmann, 2017, John & Starauschek, 2018). Die ‚kumulative Lehre‘ beinhaltet im Kern, dass Grundkonzepte der Physik, z.B. das Kraft- oder Energiekonzept, in der Hochschullehre wiederholt aufgegriffen werden, damit die Studierenden beim Lernen und kontextnahen Üben (variable fachliche Kontexte, Alltagskontexte, schulische Kontexte) immer wieder daran anknüpfen können. Zudem werden Alltagskonzepte der Studierenden reflektiert und an geeigneten Stellen exemplarisch Schul-

bezüge hergestellt. Das Lehrkonzept, das in einer Einführungsvorlesung zur Mechanik mit integrierten Übungen umgesetzt wurde, findet sich exemplarisch in Rubitzko et al. (2018).

### **Forschungsdesign und Methodik**

Die zentrale Frage der Evaluation ist die Wirksamkeit des Lehrkonzeptes, d.h. die Bewertung des fachlichen Wissenserwerbs und die Untersuchung der Wahrnehmung der Lehre durch die Studierenden. Wir fokussieren hier auf die letztgenannte Frage. Wir folgen dazu dem von Marton & Säljö (1976) begründeten Forschungsansatz der Phänomenografie, der die Perspektive der Lernenden auf ihren Lernprozess als bedeutend erkannt hat (Murmann, 2009). Sie kommen zu dem Ergebnis, dass sich die Herangehensweisen an das Lernen (*approaches to learning*) in zwei Kategorien einordnen lassen: eine oberflächliche und eine vertiefte Herangehensweisen (Marton & Säljö, 1976, Entwistle & Entwistle, 1991). In einem einfachen Angebots-Nutzungsmodell hängt es in einem Lehr-Lern Arrangement vom Lernkonzept (*learning concept*) des Lernenden ab, ob eine oberflächliche oder eine vertiefte Herangehensweise gewählt wird. Lernende, die über ein vertieftes Lernkonzept verfügen, übernehmen eher Angebote für vertieftes Lernen als Lernende mit einem oberflächlichem Lernkonzept (van Rossum & Schenk, 1984, Trigwell & Prosser, 1991). Die phänomenografische Methode rekonstruiert die Wahrnehmung der Lehre und des Lernprozesses durch die Lernenden und damit ihren *approach to learning*.

Daher ist für die Evaluation der modellbasiert entwickelten Lehrveranstaltung die Frage zu untersuchen, ob die dort genannten Elemente der kumulativen Lehre so wahrgenommen werden, wie es das Lehrkonzept intendiert. Dazu wird ein leitfadengestütztes, problem-zentriertes Interview retrospektiv durchgeführt (Witzel, 1985). Die Studierenden werden gefragt, wie sie die Lehrveranstaltung in Erinnerung haben und wie sie im Rahmen der Veranstaltung gelernt haben. Das Datenmaterial wird phänomenografisch analysiert, d.h. die verschiedenen Sichtweisen der Lernenden werden rekonstruiert. Die Stichprobe setzt sich zusammen aus 7 Studierenden der PH (4. Semester).

### **Ergebnisse**

Als ein wesentliches Ergebnis zeigt sich, dass 4 Studierende der PH, Gruppe KUM(+), die Elemente der kumulativen Lehre als hilfreich wahrnehmen. Dagegen erkennen die anderen 3 Studierenden diese Elemente nicht, Gruppe KUM(-). Sie nehmen andere Aspekte in der Lehre wahr. Wir belegen hier die Zweiteilung der Studierenden kursorisch und exemplarisch mit Interviewpassagen. Die folgende Aussage ist typisch für die Studierenden der Gruppe Kum(+). Das wiederholte Aufgreifen der Grundkonzepte der Physik spielt für das Lernen des Studierenden eine wesentliche Rolle:

*„Grundlegende Konzepte zu verstehen einfach. Die dann immer wieder kamen. Es wurde einfach immer wieder über die Newton'schen Axiome gesprochen, einfach weil man die dann doch nicht gleich versteht. Das merkt man dann, man hat zwar die Sätze, also die Axiome, aber man macht trotzdem immer wieder die gleichen Fehler. Und dann einfach, dass immer wieder diese grundlegenden Konzepte durchgesprochen wurden.“*

Ebenso wichtig ist die Auseinandersetzung mit eigenen Alltagsvorstellungen:

*„Dass auch darauf eingegangen wird: Warum hast du jetzt die und die Vorstellung und was stimmt daran nicht oder was stimmt zur nur Hälfte. Und dadurch habe ich mir halt selbst erstmal überlegt, was ist denn meine Vorstellung überhaupt? Das ist einem manchmal ja auch gar nicht so klar. Und dann kann ich meine Vorstellung oder mein Verständnis überhaupt erst ändern.“*

Die Aussagen aus den Interviews sprechen dafür, dass KUM(+)-Studierende kumulatives Lernen wie intendiert als unterstützend für das eigene Lernen wahrnehmen und die Lernge-

legenheiten in den eigenen Lernprozess integrieren. Die KUM(-)-Studierenden beschreiben die Lehr-Lernsituation anders:

*„Druck, Fluide war ein komplett eigener Foliensatz, Drehimpuls war ein komplett eigener Foliensatz und so weiter. [...] Wenn man's genau nimmt, hat sich's eigentlich nicht so stark überschritten. Die Beschleunigung ist bei der Beschleunigung geblieben (.) Das alles ist in dem anderen Block geblieben. Also man hat nichts mehr von dem anderen Block mit rüber genommen. Ja.“*

Dieser Student hat das wiederholte Aufgreifen der Grundkonzepte nicht wahrgenommen. Nach dem Modell von Marton & Booth (1997) erklärt sich diese negative Selektion mit seiner Bewertung des Lehrangebotes: für diesen Studierenden ist Wiederholung der Grundkonzepte nicht bedeutend. Seine Aufmerksamkeit liegt stattdessen auf anderen Aspekten der Lehre, die zu seinem Lernkonzept passen. Im Interviewverlauf zeigt sich, dass dieser Student sehr prüfungsorientiert ist. Sein Lernverhalten zielt darauf ab, sich Inhalte zu merken und zu reproduzieren. Die Art und Weise, wie der Student über das Lernen spricht, zeigt in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Studie von Marton & Säljö (1976), dass eine oberflächliche Herangehensweise an das Lernen gewählt wurde. Im Kontrast dazu verwenden die Studierenden der KUM(+)-Gruppe Sprechweisen vom Lernen, die auf vertiefte Herangehensweisen an das Lernen schließen lassen, wie folgender Ausschnitt zeigt:

*„Weil man sich bei den anderen Übungen viel mehr drum rum Gedanken machen musste und einfach so die Grundprinzipien verstanden haben musste. Und bei den mathematischen Sachen ist man vielleicht auch nur durch Formelschieben auf die Lösung gekommen, ohne dass man jetzt wirklich vielleicht komplett verstanden hat.“*

Charakteristisch für eine vertiefte Herangehensweise ist hier, dass der Student in der Situation das Verständnis anspricht und nicht, wie für oberflächliche Herangehensweisen typisch, das Merken von etwas als Ziel formuliert (vgl. Marton & Booth, 1997).

### **Zusammenfassung und Diskussion**

Die Zerteilung der Studierenden, die an der Interventionsstudie teilgenommen haben, in Gruppen unterschiedlicher Lerner führt zu der Hypothese, dass die kumulative Lehre bei einer Gruppe KUM(+) ein vertieftes Lernen unterstützt – diese Studierenden knüpfen beim Lernen an die Angebote der kumulativen Lehre an. Insbesondere könnten Konzeptwechsel gelungen sein. Dagegen übernehmen die anderen Studierenden KUM(-) die Angebote nicht. Hier sollte mit einem geringeren Wissenserwerb und mit dem Erhalt von Alltagsvorstellungen zu rechnen sein. Dieses Verhalten lässt sich mit dem Modell von Biggs (2011) erklären: Es ist ein sehr hoher pädagogischer und didaktischer Aufwand notwendig, um auch Lernende mit oberflächlichem Lernkonzept bei einem vertieften Lernen zu unterstützen. Eine offene Frage bleibt, wie hoch dieser zusätzliche Aufwand sein kann. Es liegt eine Spannung zwischen Lehraufwand und Ertrag vor, die in der jeweiligen konkreten Praxis zu lösen ist. Unsere Studie zeigt nach Datenlage, dass die kumulative Lehre bei der Hälfte der Stichprobe vertieftes Lernen ermöglicht und vermutlich zu dem intendierten Wissenserwerb beiträgt – darauf weisen die rekonstruierten subjektiven Erfahrungen der Studierenden hin. In der weiteren Analyse werden der Erwerb des physikalischen Fachwissens und die Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartungen in die Interpretationen einbezogen. Zudem wird die Datenbasis verbreitert.

### **Danksagung**

Die Entwicklung und Evaluation der Lehr-Lern Formate zur Unterstützung von kumulativem Lernen von physikalischen Grundkonzepten ist ein Teilprojekt des Verbundvorhabens Lehrerbildung PLUS der PSE Stuttgart-Ludwigsburg. Es wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitäts Offensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

### Literatur

- Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Ledermann (Eds.), *Handbook of Research in Science Education*, 1105–1149.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Biggs, J. B. (2011). *Teaching for quality learning at university: What the student does*: McGraw-Hill Education (UK).
- Borowski, A., Kirschner, S., Liedtke, S. & Fischer, H. E. (2011). Vergleich des Fachwissens von Studierenden, Referendaren und Lehrenden in der Physik. *PhyDid a - Physik Und Didaktik in Schule Und Hochschule*, 1(10), 1–9.
- Entwistle, N. J. & Entwistle, A. (1991). Developing, revising, and examining conceptual understanding in degree courses: the student experience and its implications: University of Edinburgh.
- Gagné, R. M. (1968). Contributions of learning to human development. *Psychological Review*, 75(3), 177–191.
- John, T. & Staraschek, E. (2018). Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik: Entwicklung eines Modells zur professionsorientierten Fachausbildung von Physiklehrkräften. In *PhyDid B (Ed.), Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung (Vol. 2018)*.
- Lee, J. (2012). Cumulative Learning and Schematization in Problem Solving. Universität Freiburg.
- Marton, F. & Säljö, R. (1976). On qualitative differences in learning: I-Outcome and process. *British Journal of Educational Psychology*, 46(1), 4–11.
- Marton, F. & Booth, S. (1997). *Learning and awareness*. Hillside: Lawrence Erlbaum.
- Merzyn, G. (2017). Auf den Lehrer kommt es an. *PhyDid a-Physik Und Didaktik in Schule Und Hochschule*, 1(16), 67–80.
- Merzyn, G. (2002). Stimmen zur Lehrerbildung: Überblick über die Diskussion zur Gymnasiallehrerbildung, basierend vor allem auf Stellungnahmen von Wissenschafts- und Bildungsgremien sowie auf Erfahrungen von Referendaren und Lehrern: Schneider-Verlag Hohengehren.
- Murmann, L. (2009). Phänomenographie und Didaktik. In *Perspektiven der Didaktik* (pp. 187–199). Springer.
- Rubitzko, T., Laukenmann, M. & Staraschek, E. (2018). Kumulatives Lehren der Mechanik in der Lehramtsausbildung. In *PhyDid B (Ed.), Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Riese, J. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Wirksamkeit der universitären Lehrerbildung-Indizien für notwendige Veränderungen der fachlichen Ausbildung von Physiklehrkräften. *PhyDid a-Physik Und Didaktik in Schule Und Hochschule*, 1(9), 25–33.
- Staraschek, E., Rubitzko, T. & Laukenmann, M. (2017). Kumulatives Lehren und Lernen der Mechanik in der Lehramtsausbildung. In C. Maurer (Ed.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen (Vol. 33, pp. 146–149)*.
- Trigwell, K. & Prosser, M. (1991). Improving the quality of student learning: the influence of learning context and student approaches to learning on learning outcomes. *Higher Education*, 22(3), 251–266.
- Van Rossum, E. J. & Schenk, S. M. (1984). The relationship between learning conception, study strategy and learning outcome. *British Journal of Educational Psychology*, 54(1), 73–83.
- Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process 1. *Educational Psychologist*, 11(2), 87–95.
- Witzel, A. (1985). *Das problemzentrierte Interview*. Beltz.

Sarah Edte<sup>1</sup>  
 Alexandra Abramova<sup>2</sup>  
 Ilka Bickmann<sup>3</sup>  
 Ralf Wehrspohn<sup>1</sup>  
 Jens-Peter Knemeyer<sup>2</sup>  
 Nicole Marmé<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Halle-Wittenberg  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg  
<sup>3</sup>Science2public e.V.

## **MINT-Berufsorientierungs-Akademie in Heidelberg**

### **Einleitung**

Die Gestaltung zukünftiger Lebenswelten in Zeiten der Digitalisierung, Globalisierung und Industrie 4.0 schafft einen hohen Bedarf an gut ausgebildeten Fachkräften in den MINT-Bereichen, der schon heute nicht mehr ausreichend gedeckt werden kann. Traditionell verzeichnen MINT-Berufe ein Ungleichgewicht in der Geschlechterverteilung bei dem Frauen deutlich unterrepräsentiert sind. So lagen im Jahr 2014 der Anteil der Studienanfängerinnen in MINT-Fächern bei lediglich 38,5 % (MINT Nachwuchsbarometer 2017, S.18) und der Frauenanteil bei neu abgeschlossenen MINT-Ausbildungsverträgen im dualen System bei 10 % (MINT-Nachwuchsbarometer 2017, S.34). Oft entscheiden sich junge Frauen trotz fachlicher Begabung nicht für einen entsprechenden MINT-Beruf, sondern für eine Tätigkeit, die vermeintlich stärker von sozialen Aspekten geprägt ist. Hier setzt das vom BMBF geförderte Projekt „helpING - mit MINT Kompetenz und sozialem Engagement gesellschaftlichen Herausforderungen von morgen begegnen“ an. Durch die Verbindung von technischen und informationstechnischen Inhalten mit sozialen und gesellschaftlichen Fragestellungen, soll gezeigt werden, dass gerade MINT-Berufe sehr gute Möglichkeiten bieten soziale und gesellschaftliche Themen zu bearbeiten und hier einen positiven Beitrag leisten.

Kernstück des Projektes sind die helpING-Akademien, die durch eine Kombination aus Berufsorientierung und gezielten Mentoring- und Vernetzungsangeboten den jungen Frauen die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten von MINT und sozialem Engagement aufzeigen sollen, um so die Einstiegsbarrieren in entsprechende Ausbildungen und Studiengänge zu verringern.

Die helpING-Akademien werden über drei Jahre in drei verschiedenen Modellregionen (Heidelberg, Halle an der Saale und Pellworm) mit unterschiedlichen Herausforderungen und Themenschwerpunkten durchgeführt. Teilnehmen können Schülerinnen der gymnasialen Oberstufe mit Interesse im MINT-Bereich. Die Bewerbung zur Akademie ist bundesweit möglich und die Teilnahme ist kostenfrei.

### **Umsetzung der helpING-Akademie in Heidelberg**

Die erste einwöchige helpING-Akademie fand vom 20.-26. Mai 2018 in Heidelberg mit dem Themenschwerpunkt „IT meets Social Innovation“ statt und wurde von 22 Schülerinnen besucht. Ein wichtiges Element der Akademien ist ein umfassendes, abwechslungsreiches und anwendungsbezogenes Berufs- und Ausbildungsinformationsangebot. Dazu zählen Besuche bei regionalen Firmen, sowie von Universitäten und Hochschulen. Ein zweites Element der Akademien ist ein Mentoring- und Vernetzungsprogramm, das interessierten Mädchen den Einstieg in einen IT-Beruf erleichtern soll. Dazu werden im Rahmen eines Speed-Dating persönliche Kontakte zwischen den Akademieteilnehmerinnen und Mentorinnen aus allen besuchten Unternehmen und Einrichtungen geknüpft und Praktikumsplätze geschaffen.

Die Dritte Säule der Akademien besteht in Bearbeitung einer problembasierten Aufgabe, die die Schülerinnen selbstgesteuert in Gruppen bearbeiten. Diese war in der diesjährigen

Akademie als Auftrag des fiktiven aber realitätsnahen Formates „Innovation Tank“ ([www.it.lucycity.de](http://www.it.lucycity.de)) formuliert und lautet:

*Liebe Innovatorinnen,*

*Innovation Tank ist ein neues Format, um kreative Menschen auf dem Weg von der guten Idee zur echten Innovation zu unterstützen und Investitionen zu ermöglichen. Im Innovation Tank haben Sie die Möglichkeit Ihre Gründungsidee zahlreichen Investoren und hochkarätigen Experten in einem kurzen, drei bis fünf-minütigen Pitch vorzustellen, um eine Investition in Ihre Idee und ggf. für Ihre zukünftige Unternehmensgründung zu erhalten.*

*Der erste Innovation Tank findet in Heidelberg im Deutsch-Amerikanischen-Institut am 26.5.2018, um 13 Uhr statt und zielt thematisch auf soziale Innovationen, die sich mittels moderner Informationstechnologie/Robotik/Technik realisieren lassen und im Kontext von Zukunftsentwicklungen der Stadt Heidelberg stehen. Nutzen Sie die Gelegenheit, die Experten zu überzeugen in Ihre Idee zu investieren.*

*Wir freuen uns auf Ihren Pitch.*

*Mit freundlichen Grüßen*

Innovation Tank ist Teil der virtuellen Lernstadt Lucycity (Marmé, Knemeyer, 2011), die den Hintergrund für viele weitere problembasierte Projekte bildet. Zur Problemlösung steht zusätzlich ein Koffer mit Materialien, bestehend aus Notebooks und Arduino-Mikrocontrollern mit Zubehör und Sensoren, zu Verfügung.

#### **Evaluationsergebnisse der Akademie**

Nach jedem einzelnen Modul (Besuch von Firmen und Einrichtungen, Makerspace, Mentorinnen-Speed-Dating usw.) wurde von den Schülerinnen eine kurzer Feedbackbogen ausgefüllt, in dem neben Modul-spezifischen Fragen auch eine Benotung des Moduls (Schulnote von 1-6) erfolgte. Die Schülerinnen nutzen das Notenspektrum weitestgehend aus. Von 267 gegebenen Noten entfielen 89 auf „sehr gut“, 141 auf „gut“, 28 auf „befriedigend“, 5 auf „ausreichend“ und 4 auf „mangelhaft“. Daraus ergibt sich ein Durchschnitt von 1,85, wobei die einzelnen Module Durchschnittsnoten von 1,4 bis 2,7 erhielten. Die detaillierte Auswertung der Einzelmodule wird in diesem Beitrag nicht vorgestellt (eine entsprechende Publikation befindet sich in Vorbereitung).

Neben den einzelnen Modulen haben 20 Schülerinnen abschließend einen Feedbackbogen zur gesamten Akademie ausgefüllt. Hierbei war von besonderem Interesse, wie die Schülerinnen das Zusammenspiel der einzelnen Module einstufen. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Abbildung 1 zusammengefasst. Die Mehrheit der Schülerinnen (60%) empfand die Dauer der sechstägigen Akademie als „genau richtig“, 15% als etwas zu lang und 25% als etwas zu kurz. Die gesamte Akademie wurde durchschnittlich mit 1,5 bewertet, wobei keine Note schlechter als „gut“ gegeben wurde. Obwohl einige Schülerinnen vereinzelte Module schlechter bewertet haben, schätzten sie die Akademie als Ganzes mindestens gut ein. Auch ist der Notenschnitt der Gesamtakademie besser als der Durchschnitt aller Einzelmodule, was darauf schließen lässt, dass durch das Zusammenwirken aller Module ein Mehrwert erreicht wird. Ein weiterer Schwerpunkt des Abschluss-Feedbacks lag auf der Gewichtung zwischen Firmen-, Hochschulbesuchen und freiem Arbeiten am Auftrag. Hier zeigt sich ein eher heterogenes Bild. Während einige Schülerinnen sich viel mehr Hochschulbesuche wünschten, wollten andere viel weniger Hochschulbesuche, wobei es eine schwache Tendenz zu weniger Hochschulbesuchen gibt. Im Falle der Firmenbesuche ist diese Tendenz noch etwas stärker. 40 % empfanden den Anteil der Firmenbesuche als genau richtig, oder wollten noch mehr Besuche, während 60 % weniger oder viel weniger Besuche wünschten. Entsprechend gaben 65 % der Teilnehmerinnen an, gerne länger oder viel länger am Auftrag gearbeitet zu haben.

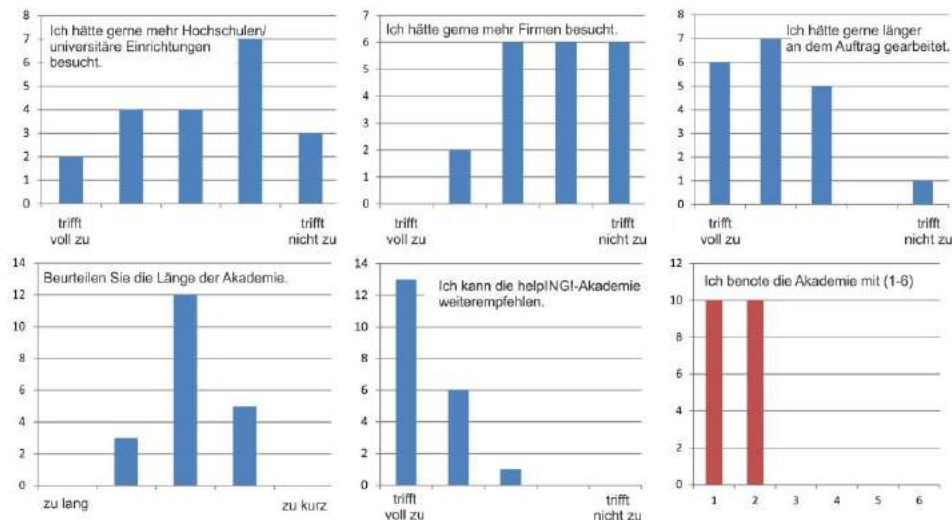


Abbildung1: Post-Befragung zur Akademie, N=20

Ein erste Analyse der Einzelmodule zeigt allerdings, dass der naheliegende Schluss „weniger Besuche von Firmen/Bildungseinrichtungen, mehr Zeit für den Auftrag“ zu kurz gegriffen scheint, da es sich um sehr unterschiedliche Firmen und Bildungseinrichtungen handelt und jede Teilnehmerin sehr unterschiedliche Präferenzen zeigt und folglich andere Besuche zu Gunsten des Auftrags streichen würde. Insgesamt kann festgestellt werden, dass die qualifizierten Rückmeldungen der Teilnehmerinnen und der Projektpartner an einigen Stellen noch etwas Verbesserungspotenzial aufzeigen, die Akademie als Ganzes und das Zusammenspiel der unterschiedlichen Module sehr gut von den Teilnehmerinnen angenommen wurde. Folglich würden alle Teilnehmerinnen die Akademie weiterempfehlen. Auch die Projektpartner spiegeln sehr positive Erfahrungen mit der helpING!-Akademie wieder.

### Danksagung

Wir danken allen lokalen Projektpartnern (DAI Heidelberg, HITS gGmbH, Hopp Foundation for Computer Literacy & Informatics, NEC Laboratories Europe GmbH, SAP SE, sovanta AG, SRH Hochschule Heidelberg, Stadt Heidelberg, Universität Heidelberg) für die vielfältige Unterstützung und dem Bundesministeriums für Bildung und Forschung für die Finanzierung des Vorhabens "helpING - mit MINT Kompetenz und sozialem Engagement gesellschaftlichen Herausforderungen von morgen begegnen" (Förderkennzeichen 01FP1627).



**Literatur**

- Marmé, Nicole; Knemeyer, Jens-Peter (2011): Lucycity - eine virtuelle Lernstadt in Höttecke, Dietmar (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie, LIT-Verlag, Münster, 300-302.
- MINT Nachwuchsbarometer (2017): [https://www.koerber-stiftung.de/fileadmin/user\\_upload/koerber-stiftung/redaktion/mint\\_nachwuchsbarometer/pdf/2017/MINT-Nachwuchsbarometer-Langfassung.pdf](https://www.koerber-stiftung.de/fileadmin/user_upload/koerber-stiftung/redaktion/mint_nachwuchsbarometer/pdf/2017/MINT-Nachwuchsbarometer-Langfassung.pdf):  
Letzter Zugriff: 15.10.2018

Alexandra Abramova<sup>1</sup>  
 Sarah Edte<sup>2</sup>  
 Nicole Marmé<sup>1</sup>  
 Jens-Peter Knemeyer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg  
<sup>2</sup>Universität Halle-Wittenberg

## **Snap!-Programmierskurs für den naturwissenschaftlichen Unterricht**

### **Einleitung**

Um dem digitalen Wandel gerecht zu werden, muss die informationstechnische Grundbildung bei allen SchülerInnen gestärkt werden. Deshalb fordert und fördert die Landesregierung Baden-Württemberg den Ausbau des Informatikunterrichts an weiterführenden Schulen. In der Klasse 7 wurde dazu ein Aufbaukurs „Informatik“ für alle Schulformen eingeführt (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport BW, 2016). Ab der 8. Klasse besteht mit dem neuen Schuljahr an 56 allgemein bildenden Gymnasien die Möglichkeit alternativ oder ergänzend zum Naturwissenschaft und Technik-Unterricht ein vertiefendes, vierstündiges Profulfach IMP (Informatik, Mathematik, Physik) zu wählen (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport BW, 2018). In diesem Fach werden Inhalte aus den drei Fächern verknüpft, wodurch sowohl die Berufswahl in MINT-Fächern, als auch die informationstechnische Grundbildung gestärkt werden soll. Parallel soll an den Haupt-, Werkreal- und Realschulen schrittweise Informatik als neues Wahlfach bis zur Klasse 10 eingeführt werden. Mit der Integration von Informatik in das bereits bestehende Curriculum stehen die Schulen nicht nur vor strukturellen, sondern auch vor didaktischen und methodischen Herausforderungen. Im Vergleich zu naturwissenschaftlichen Fächern, die bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts von Georg Kerschensteiner an den Schulen etabliert wurden, ist das Fach Informatik vergleichsweise modern und erfordert eine umfassende methodisch-didaktische Konzeptionierung, die gerade erst beginnt. Außerdem gehören IT- und Medienkenntnisse zu den übergeordneten Kompetenzen und sollten zusätzlich in alle Fächer integriert werden, wobei sich die Naturwissenschaften in besonderer Weise anbieten. Eine Möglichkeit, den Einstieg in die Programmierung zu erleichtern, bietet die graphische Programmiersprache „Snap!“, da sie in eine bedienerfreundliche Entwicklungsumgebung eingebettet ist (Resnick et al., 2009). Snap! basiert auf der am MIT für Kinder und Jugendliche entwickelten visuellen Programmiersprache Scratch ([www.scratch.mit.edu](http://www.scratch.mit.edu)) und wurde für den Einsatz in weiterführenden Schulen und Universitäten angepasst. Die zwei wichtigsten Besonderheiten von Snap! gegenüber Scratch sind zum einen die Möglichkeit, eigene Blöcke zu erstellen und zum anderen prototypenbasiert zu programmieren (Harvey, Mönig, 2017). Die Erstellung von eigenen Blöcken erlaubt die Anwendung der sogenannten Unterprogrammtechnik in der Softwareentwicklung und stellt ein fundamentales Programmierprinzip im strukturierten Programmieren dar (Balzert, 2013). Prototypenbasierte Programmierung ist eine Form des objektorientierten Programmierens. Dabei wird allerdings auf den Begriff „Klasse“ verzichtet und es werden Prototyp-Objekte samt ihren Eigenschaften geklont. Dies ist ebenfalls ein fundamentales Prinzip der modernen Softwareentwicklung. Die oben genannten Erweiterungen ermöglichen den Einsatz von Snap! sowohl für einfache Einstiegsaufgaben als auch für vertiefende, komplexe Probleme (Harvey, Mönig, 2017). Snap! kann sowohl online im Browserfenster als auch durch entsprechende Installation als „standalone“-Version am Rechner oder Tablet verwendet werden. Aufgrund eines intuitiven, von Scratch geerbten Bedienungskonzeptes in Form von grafischen Anweisungsblöcken, die wie Puzzle zum Quellcode zusammengefügt werden (Resnick et al., 2009), kann der Umgang mit Snap! in kurzer Zeit gelernt und gelehrt werden (Maloney et al., 2010). Ein weiterer Vorteil einer solchen Lernumgebung ist eine

benutzerfreundliche, überarbeitete Oberfläche und eine umfangreiche Gerätekompatibilität, zum Beispiel mit Arduino, Fischertechnik oder Lego NXT.

### Entwicklung von Snap!-Tutorials für den Schulunterricht

In diesem Beitrag wird ein Snap!-online-Tutorial, bestehend aus elf Lern-Videos vorgestellt (didaktik-aktuell, 2018). Dieses kann sowohl im eigenständigen Fach Informatik, als auch für eine ergänzende thematische Einheit im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts verwendet werden. Das Tutorial behandelt thematisch „Regenerative Energien“. In den Videos wird Schritt für Schritt eine Simulation einer Smart City erstellt, die über Erneuerbare Energien (Sonne und Wind) versorgt wird. Als Verbraucher fungieren Wohnhäuser und E-Autos. Zusätzlich ist noch ein Energiespeicher vorhanden, der überschüssige Energie speichern und bei Bedarf abgeben kann.



Abbildung 1: Screenshot der Snap!-Entwicklungsumgebung. Links: Palette (mit Befehlen); Mitte: Programmcode; rechts: Bühne, auf der das Programm abgespielt wird

Die Simulation berücksichtigt den Tag-Nacht-Wechsel mit Änderung der Lichtverhältnisse und Sonneneinstrahlung, unterschiedliche Windgeschwindigkeiten und Tagesrhythmus der Verbraucher. Darüber hinaus werden die einzelnen Komponenten mit animiert: so dreht sich das Windrad je nach Windstärke mit einer unterschiedlichen Umdrehungszahl und die Sonne durchläuft über den Tag eine parabelförmige Bahn. Die Simulation stellt ein mathematisches Modell dar, welches in jedem Entwicklungsschritt visuell getestet werden kann, wobei auch die Variablenwerte angezeigt, verfolgt und überprüft werden können. Die fertige Simulation erlaubt es unterschiedliche Startparameter festzulegen (z.B. Speicherkapazität des Energiespeichers, installierte Leistung der Solaranlage, Verteilung der Windgeschwindigkeiten). Jetzt kann simuliert werden, ob die Smart City mit ausreichend Energie versorgt wird oder es unter zufälligen Wetterbedingungen zu Engpässen kommt. Die Videos beinhalten sowohl die Erklärungen zum Umgang mit der Snap!-Entwicklungsumgebung und zur Programmierung, als auch die einzelnen Entwicklungsschritte der Simulation. Die inhaltliche Dichte der einzelnen Videos ist so konzipiert, dass mit AnfängerInnen ein Video in der Regel über eine Doppelstunde bearbeitet werden kann, wobei für fortgeschrittene Lernende pro Video ggf. auch eine Unterrichtsstunde ausreicht. Wie ausführlich und mit welchen theoretischen Hintergrundinformationen die einzelnen Inhalte behandelt werden können, hängt vom Alter, der Zielgruppe und dem Interesse ab.

Grundsätzlich können diese Videos ab der Mittelstufe in den Unterricht eingebunden werden. Es werden gewisse mathematische Kenntnisse (quadratische Funktion) und naturwissenschaftliches Verständnis (Energieerhaltung, Sonnenenergie, Windenergie) vorausgesetzt. Die Art und Weise, wie diese Videos in das Unterrichtskonzept eingebunden werden können, ist ebenfalls unterschiedlich. Vom direkten Nachmachen mit ergänzenden Theorie- und Vertiefungsphasen bis zum kurzen Motivationsimpuls mit anschließenden eigenständigen Projektarbeitsphasen können diese Videos je nach Niveau, Bedarf und Zeitumfang vielseitig eingesetzt werden. Insgesamt umfasst das Tutorial die Grundlagen zum strukturierten und objektorientierten Programmieren, wobei der Schwerpunkt auf das strukturierte Programmieren gelegt wurde. Es werden die wichtigsten Konzepte, wie Algorithmen, Modellierung, Programmstart, Variable, Bedingung, Entscheidungsstruktur, Schleife, Verschachtelung und Operatoren ausführlich in unterschiedlichen Kontexten und Bezügen dargelegt. Auch Konzepte wie Sichtbarkeit der Variablen, private und globale Berechtigungen, grafische Effekte, Methoden und Klonen werden in zahlreichen Beispielen verdeutlicht. Zu Beginn jedes Videos wird in einer Einführung die aktuelle Problemstellung (z.B. „Einbinden eines Speichers“) genannt, woraufhin eine mögliche Lösung für das Problem erarbeitet wird. Die in den ersten Videos dargestellten Konzepte werden dabei immer wieder aufgegriffen und erweitert. Dieser zyklische und problembasierte Ansatz entspricht auch dem Konzept von Snap!, das als eine intuitive „learning by doing“-Plattform positioniert wird (Harvey, Mönig, 2017). Das Tutorial hat nicht den Anspruch, die umfassende theoretische Basis für die Grundlagen des Programmierens zu schaffen, sondern bietet eine handlungsorientierte Lerneinheit, die mit theoretischen Grundlagen nach Bedarf aufgefüllt werden kann. Die Videoreihe ist wie folgt aufgebaut.

| Nr. | Ziele (Informatik)                                                           | Inhalt (Simulation)                                                         | Naturwiss. Inhalte                                                                                                                |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Kennenlernen der Entwicklungsumgebung; Programmstart; Variablen; Schleifen   | Erstellung des Hintergrundes, Wechsel zwischen Tag und Nacht, Uhrzeit       | Grundlegendes zum Energiemanagement: Erzeugung-Speicher-Verbrauch                                                                 |
| 2   | Schleifen; Bedingungen; Vergleich; Verzweigung                               | Änderung der Hintergrundhelligkeit (Tag-Nacht), grafische Effekte           | Wie kommt es zu Tag und Nacht? Faktoren, die die Helligkeit beeinflussen<br>Sonnenbahn, relative Bewegung zwischen Sonne und Erde |
| 3   | Mathematische Rechnungen; Koordinatensystem; Bewegen von Objekten            | Sonnenbahn als quadratische Funktion mit einem Start- und Endwert           |                                                                                                                                   |
| 4   | Kommunikation einzelner Skripte miteinander; Verzweigungen; Bedingungen      | Änderung der Helligkeit in Abhängigkeit von der Sonnenposition              |                                                                                                                                   |
| 5   | Variable als Schnittstelle für die Kommunikation zwischen einzelnen Skripten | Abilden eines angenommenen Energiekonzeptes, Einbinden einer Solaranlage    | Solarzellen, elektrische Energie und Leistung                                                                                     |
| 6   |                                                                              | Einbau eines Speichers (Batterie)                                           | Energiespeicherung                                                                                                                |
| 7   | Globale und lokale Variablen; Verknüpfung von Bedingungen mit Operatoren     | Einbinden eines Verbrauchers in das Energiekonzept                          | Energieverbrauch und verwandte Themen, wie Energiesparen, Dämmung usw.                                                            |
| 8   | Prototyp erstellen; Objekte klonen; Variablen des Klonen                     | Einbinden mehrerer Verbraucher                                              |                                                                                                                                   |
| 9   | Entscheidungsstrukturen; Bewegung von Objekten                               | Einbinden eines Verbrauchers „Auto“ und externe Energiequellen              | E-Mobility                                                                                                                        |
| 10  | Animation von Objekten                                                       | Einbinden einer Windkraftanlage                                             | Generatoren                                                                                                                       |
| 11  | Erstellen eigener Blöcke – Unterprogrammtechnik                              | Berechnung der Windgeschwindigkeiten, Zusammenspiel der gesamten Simulation | Gesamtdiskussion von regenerativer Energieversorgung                                                                              |

Tabelle 1: Übersicht über die einzelnen Videos des Snap!-online-Tutorials

### Literatur

- Balzert, Helmut (2013): Java: der Einstieg in die Programmierung. Strukturiert & prozedural programmieren; mit Einführung in die Sprachen C und Processing. 4. Aufl. Dortmund: W3L-Verl. (Informatik).
- didaktik-aktuell (2018): [https://www.youtube.com/channel/UCMU-pTncxNJ908RaIqWPDA/featured?View\\_as=subscriber](https://www.youtube.com/channel/UCMU-pTncxNJ908RaIqWPDA/featured?View_as=subscriber)
- Harvey, Brian, Jens Mönig (2017): SNAP! Reference Manual 4.1., <https://snap.berkeley.edu/SnapManual.pdf>,  
 Letzter Zugriff: 12.10.2018
- Maloney, John; Resnick, Mitchel; Rusk, Natalie; Silverman, Brian; Eastmond, Evelyn (2010): The Scratch Programming Language and Environment. In: Trans. Comput. Educ. 10 (4), S. 1–15. DOI: 10.1145/1868358.1868363.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.) (2016): Bildungsplan 2016 – Gemeinsamer Bildungsplan der Sekundarstufe I – Aufbaukurs Informatik. Stuttgart
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, Pressemitteilung vom 14.08.2018, <https://www.km-bw.de/Len/Startseite/Service/2018+08+14+Neues+Profilfach+IMP>, Letzter Zugriff: 12.10.2018
- Resnick, Mitchel; Silverman, Brian; Kafai, Yasmin; Maloney, John; Monroy-Hernández, Andrés; Rusk, Natalie et al. (2009): Scratch. In: Commun. ACM 52 (11), S. 60. DOI: 10.1145/1592761.1592779.

Michael Budke<sup>1</sup>  
 Marco Beeken<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Osnabrück  
<sup>1</sup>Universität Osnabrück

## **Das GreenLab\_OS** **Empirische Befunde zur Standortabhängigkeit**

### **Einfluss des Lernortes**

Wie einschlägige Studien der Psychologie zeigen, hängt der Lernerfolg nicht nur vom Vorwissen, der Aufmerksamkeit und dem Interesse der Lernenden ab, sondern wird auch bestimmt durch die Lehrperson, die Zeit, oder durch den Ort, an dem das Wissen erworben wird (Roth, 2004). So werden gelernte Informationen unter anderem auch mit dem Ort verknüpft, an dem sie gelernt werden. Dabei bildet sich ein Orts- und Zeitgedächtnis aus (Schacter, 1996). Gordon H. Bower konnte in einer Studie unter anderem zeigen, dass Gelerntes leichter abgerufen werden konnte, wenn Lernort und Prüfungsort identisch sind, also eine Kongruenz in den Lernorten besteht (Bower, 1981). Während Studien aus der Umweltpsychologie und naturwissenschaftlichen Fachdidaktik belegen, dass Naturkontakt (Taylor, 2009) dazu geeignet ist, bei Schülerinnen und Schülern ablaufende Lernprozesse anzuregen, zeigt Imhof, dass die alleinige Verlagerung des Unterrichts im Kontext umweltbezogener Themen ins Freie nicht zu einer größeren Verbesserung der Lernleistung führt (Imhof, 2015). Sowohl die outdoor als auch die in-school Experimentalgruppe weisen nach dem Treatment eine ähnlich hoch gesteigerte Handlungsmotivation auf, wohingegen die Motivation der outdoor Gruppe aber längerfristig positiv beeinflusst werden konnte. Um die nachgewiesenen Vorteile des außerschulischen Lernens nutzen zu können, müssten sie mit weiteren didaktischen Maßnahmen in einem für die Schülerinnen und Schüler relevanten Kontext verknüpft werden (Bennet, Lubben & Hogarth, 2007). In einer Studie der Universitäten Tübingen und Heidelberg konnte zudem gezeigt werden, dass die Inhalte, welche an einem ausgewählten Science Center vermittelt werden zu einem gleich hohen Lernzuwachs bei Schülerinnen und Schülern führten, wie das Treatment, welches im Regelunterricht von ihrer Lehrkraft mit den gleichen Materialien durchgeführt wurde (Itzek-Greulich & Vollmer, 2017). Der Ansatz des GreenLab\_OS sieht allerdings vor, auch am Lernort Schule die Leitung des Tages durch wissenschaftliche Mitarbeiter und Studierende zu gestalten, um auf diese Weise authentischere Lernerfahrungen für die Schülerinnen und Schüler auch im mobilen Teil des Schülerlabors GreenLab\_OS zu generieren. Für Schülerlabore an Universitäten stellt sich die Frage, ob die Verknüpfung dieses authentischen außerschulischen Lernortes mit einem didaktisch aufbereiteten Lernsetting mit konstruktivistischen Lernzugängen zu einer erhöhten Motivation und einem gesteigerten Interesse führen kann, oder ob der Ansatz des kongruenten Lernens, wie von Bower beschrieben (Bower, 1981), bei einem identisch aufbereiteten Setting an der Schule zu einer höheren Motivationssteigerung im schuleigenen Chemielabor führt.

Neben dem Lernort spielen auch die Emotionen, die zum Zeitpunkt des Lernens vorherrschen, eine wichtige Rolle für die Lernbereitschaft und Motivation (Edlinger & Haschner, 2008). Sind sie kongruent zum Zeitpunkt des Lernens sowie der Wissensreproduktion, dann gelingt das Abrufen des gelernten deutlich besser (Bower, 1981). Allerdings gilt dies vermehrt für positive Emotionen (Isen, Daubmann & Nowicki, 1987). Es konnte auch gezeigt werden, dass eine positive Grundstimmung kreatives Denken begünstigt und Emotionen die Gedächtnisleistung sowie Problemlöseprozesse unterstützen (Pekrun, 1992). Edlinger und Harschner stellten in ihrer Arbeit aber auch Limitierungen heraus, denn Emotionen hätten zwar einen Einfluss auf Lernprozesse, aber sie zweifeln die Wirksamkeit

auf Leistungsprozesse an, denn auch negative Emotionen können sich bedingt positiv auf Leistungsprozesse auswirken (Edlinger & Haschner, 2008).

Für ein Schülerlabor lässt sich folgendes ableiten: Sollte der Teilnehmer oder die Teilnehmerin durch das mobile Schülerlabor an seiner / ihrer Schule besucht werden, so sollten sich – wie es die Pilotstudie andeutet - signifikante Unterschiede zwischen dem Lernort Schule und Lernort Universität zeigen, da der Schüler oder die Schülerin den erlebten Labortag stärker mit seinem regulären Laborunterricht an der Schule verknüpft (Budke & Beeken, 2017).

### **GreenLab\_OS und Forschungsfragen**

Das bereits genannte mobile und stationäre Schülerlabor GreenLab\_OS (GLO) der Universität Osnabrück ist ein außerschulisches Angebot für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I zu Themen der Nachhaltigkeit (Budke, Walf & Beeken, 2018). Ein zentrales Element im GreenLab\_OS ist der stark experimentelle Schwerpunkt mit einer angemessenen Reflektionsphase, denn die letzte Pisa Studie von 2015 stellte für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Deutschland häufig eher eine „Minds-on“ statt eine „Hands-on“ Orientierung fest (Reiss, Sälzer, Schiepe-Tiska, Klieme & Köller, 2016). Als Folge wurden seit der letzten Pisa Erhebung von Schülerinnen und Schülern niedrigere Werte in den Feldern Freude, Interesse, instrumenteller Motivation und Selbstwirksamkeitserwartung angegeben (Reiss, Sälzer, Schiepe-Tiska, Klieme & Köller, 2016). Ein Unterricht nach dem Ansatz vom forschend entwickelnden lernen entspricht aber viel eher den gewünschten Laborlernsituationen von Schülerinnen und Schülern (Hofstein, Nahon & Shore, 2001).

Aufgrund dieser Erkenntnisse ergeben sich für die Evaluation des stationären und mobilen Schülerlabors die folgenden Forschungsfragen:

- Führt die Teilnahme am mobilen oder stationären Schülerlabor zu einer Zunahme im Fach-, Sachinteresse oder im fachbezogenen Selbstkonzept und wenn ja, lässt sich eine verstärkte Zunahme an einem der beiden Interventionsorte erkennen?
- Wie beeinflusst die Teilnahme am mobilen oder stationären Schülerlabor die Konstrukte Freude, Frustration, Interessiertheit oder Langeweile?
- In wie weit kann das Schülerlabor die Motivation oder Interessiertheit für den weiteren Chemieunterricht beeinflussen?

### **Design und Methode**

An der Studie haben insgesamt 541 Schülerinnen und Schüler von 15 verschiedenen Schulen aus Niedersachsen zwischen Februar 2017 und Januar 2018 teilgenommen. Für die Auswertung konnten insgesamt 423 Schülerinnen und Schüler herangezogen werden, da sie zu allen drei Testzeitpunkten anwesend waren (78% Rücklauf). Für diese Studie konnten davon 340 Schülerinnen und Schüler der 7. und 8. Klasse, welche an allen drei Testzeitpunkten teilgenommen haben, zur Auswertung herangezogen werden ( $M_{age} = 13.09$ ,  $SD = 0.825$ ; 60.6% Mädchen). Dabei haben 245 Schülerinnen und Schüler am mobilen Schülerlabor ( $M_{age} = 13.16$ ,  $SD = 0.676$ ; 61,6% Mädchen) und 95 Schülerinnen und Schüler am stationären Schülerlabor an der Uni teilgenommen ( $M_{age} = 12.88$ ,  $SD = 1.100$ ; 58% Mädchen).

In einem quasi-experimentellen Ansatz wurden die teilnehmenden Klassen den Interventionsorten Schule und Universität zugeteilt. Die Einstellungen der Schülerinnen und Schüler zu Naturwissenschaften und dem Schülerlabor wurden dabei durch Prä-, Post- und Follow-up-Messungen mit einem Fragebogen erhoben. Der Prätest wurde eine Woche vor der Intervention von der instruierten Lehrkraft in der Schule im Chemieunterricht ausgeteilt. Der Posttest fand am Tag der Intervention direkt nach dem Labortag statt und der Follow-up-Test wurde zwei Monate nach der Intervention von den Schülerinnen und Schülern wieder an der Schule im Chemieunterricht beantwortet.

Diese Fragebögen beinhalteten 4 demographische Fragen, ein Freiantwortfeld, ein Ranking-Item und 38 Likert-Skala-Items. Die Schülerinnen und Schüler wurden gebeten Aussagen zum Fachinteresse, Sachinteresse, Selbstkonzept, zur Freude, Frustration, Interessiertheit und Langeweile zu bewerten. Die Items und verwendeten Skalen wurden bereits in vorherigen Studien validiert und in dieser Studie für das Fach Chemie adaptiert (Pawek, 2009; Wegner, Dück & Grotjohann, 2013; Wegner, 2008).

### **Diskussion**

Es konnte gezeigt werden, dass sowohl das stationäre, als auch das mobile GLO ein bereicherndes Angebot für den Unterricht im Vergleich zu Kontrollgruppen aus den Studien von Brandt und Wegner darstellen (Wegner, Dück & Grotjohann, 2013; Brandt, 2005). Anders als von Huwer vermutet (Huwer, 2015), zeigt sich, dass das mobile GLO ein erfolgreicherer Angebot als das stationäre GLO an der Uni sein kann. Zwar ist die Steigerung des Sach- oder Fachinteresses durch diese kurze Intervention bei beiden Varianten nicht möglich, aber eine kurzfristige Verbesserung des Selbstkonzepts kann durch das mobile GLO bewirkt werden. Durch die Teilnahme am GLO kann ebenfalls eine freudvollere Auseinandersetzung mit Chemie erreicht werden, welche durch das mobile GLO noch stärker gefördert wird. Nach dem Besuch des GLO empfinden die Teilnehmer eine geringere Frustration sowie Langeweile. Diese gesenkte Frustration und Langeweile bleibt zwar mittelfristig jeweils nicht stabil, aber der erneute Anstieg an Langeweile und Frustration im Chemieunterricht ist für die Gruppe des stationären GLO nach dem Besuch deutlich höher. Die Langeweile der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler des mobilen GLO bleibt sogar deutlich unter dem anfänglichen Ergebnis und konnte mittelfristig gesenkt werden. Das mobile GLO hat also einen längeren frustrations- und langweile-senkenden Effekt als das stationäre GLO. Die Interessiertheit der Schülerinnen und Schüler für den Chemieunterricht kann zwar ebenfalls an beiden Standorten gefördert werden, allerdings zeigt sich auch hier, dass eine Teilnahme am mobilen GLO dies noch besser zu steigern vermag. Während sich die Schülerinnen und Schüler mehr Exkursionsangebote fordern, ist der Wunsch nach Angeboten, die zu Ihnen an die Schule kommen, sogar noch etwas stärker. Obwohl nach der Teilnahme am GLO beide Standorte von den Schülerinnen und Schülern erneut wieder besucht werden würden, ist die Bereitschaft, am mobilen GLO erneut teilzunehmen deutlich höher als für das stationäre GLO. Eine Interessenssteigerung für den Chemieunterricht durch das GLO wird von den Mädchen an beiden Standorten auch mittelfristig angegeben. Für die Jungen gilt dies nur kurzfristig nach der Teilnahme am mobilen GLO. Der Labortag hat allen Schülerinnen und Schülern viel Spaß bereitet, wobei das mobile GLO wieder etwas besser bewertet wird.

Es konnte also gezeigt werden, dass diese mobile Applikation eines Schülerlabors, ein größeres Potential zur Steigerung von Selbstkompetenz, Freude und Interesse besitzt und im Vergleich zum stationären Schülerlabor ein größeres Potential hat, Langeweile und Frustration bei den Schülerinnen und Schülern im Fachunterricht abzubauen. Ein Grund dafür könnte die Kongruenz von Lern- und Interventionsort zu sein. Hier könnte, wie eingangs vermutet, eine stärkere Verknüpfung mit dem Chemieunterricht stattfinden.

Des Weiteren muss untersucht werden, ob die diskutierten Befunde sich weiter, als über das Angebot der Universität hinaus, verallgemeinern lassen. Ebenfalls wäre interessant, ob die Befunde themenabhängig sind, oder ob diese Ergebnisse auch nach anderen Experimentaltagen, z.B. von mobilen Angeboten anderer Universitäten oder Science Centern messbar sind. Eine Übertragbarkeit dieses Konzeptes ist auf jeden Fall für nahezu alle außerschulischen Angebote universitärer Schülerlabore gegeben.



## Literatur

- Bennet, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91 (3), 347–370
- Bower, G. H. (1981). Mood and Memory. *American Psychologist*, 36 (2), 129–148
- Brandt, A. (2005). Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors. Doktorarbeit, University Bielefeld
- Budke, M. & Beeken, M. (2017). Traditionell oder vegetarisch? – Es geht um die Wurst im GreenLab\_OS. In *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*, Maurer, V. Ed.; Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Jahrestagung Regensburg, 451–456
- Budke, M., Walf, S. & Beeken, M. (2018). Traditionell oder vegetarisch? – „Es geht um die Wurst!“ im GreenLab\_OS. *CHEMKON*, 25 (3), 112–117
- Edlinger, H. & Haschner, T. (2008). Von der Stimmung zur Unterrichtsforschung: Überlegungen zur Wirkung von Emotionen auf schulisches Lernen und Leisten. *Zeitschrift für Pädagogik*, 36 (1), 55–70
- Hofstein, A., Nahun, T. L. & Shore, R. (2001). Assessment of the Learning Environment of Inquiry-Type Laboratories in High School Chemistry. *Learning Environment Research*, 4 (2), 193–207
- Huwer, S. (2015). Forschendes Experimentieren im Kontext einer naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung. Doktorarbeit, Universität des Saarlandes
- Imhof, A. (2015). Outdoorlernen. Wirksamkeitsvergleich von Umweltunterricht innerhalb und außerhalb des Schulzimmers am Beispiel des Themenkomplexes Klimawandel. Doktorarbeit, ETH Zürich
- Isen, A. M., Daubmann, K. A. & Nowicki, G. P. (1987). Positive Affect Facilitates Creative Problem Solving. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52 (6), 1122–1131
- Itzek-Greulich, H. & Vollmer, C. (2017). Emotional and Motivational Outcomes of Lab Work in the Secondary Intermediate Track: The Contribution of a Science Center Outreach Lab. *Journal of Research in Science Teaching*, 54 (1), 3–28
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler der Mittel- und Oberstufe. Doktorarbeit, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Pekrun, R. (1992). Kognition und Emotion in studienbezogenen Lern- und Leistungssituationen. *Explorative Analysen. Unterrichtswissenschaft*, 20 (4), 308–324
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, O. (2016). PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation. Münster: Waxmann
- Roth, G. (2004). Warum sind Lehren und Lernen so schwierig? *Zeitschrift für Pädagogik*, 50 (4), 496–506
- Schacter, D.L. (1996). Searching for Memory. The Brain, the Mind, and the Past. New York: Basic Books
- Taylor, A. F., Kuo, F. E. (2009). Children With Attention Deficits Concentrate Better After Walk in the Park. *Journal of attention disorders*, 12 (5), 402–409
- Wegner, C. (2008). Entwicklung und Evaluation des Projektes „Kolumbus-Kids“ zur Förderung begabter SchülerInnen in den Naturwissenschaften. Doktorarbeit, University Bielefeld
- Wegner, C., Dück, A., Grotjohann, N. (2013). Emotion und Interesse als Grundlage für nachhaltiges Lernen begabter Schüler? – Eine empirische Studie in der sechsten Jahrgangsstufe von Gymnasien. *Journal für Didaktik der Biowissenschaften*, 4 (1), 44–56.

Marisa Holzapfel  
Karin Stachelscheid  
Maik Walpuski

Universität Duisburg-Essen

## Gesundheitsbildung durch fachspezifischen Humor

### Theoretischer Hintergrund

Gesundheitsbildung muss im frühen Kindesalter beginnen, um so der Manifestation gesundheitsschädlicher Verhaltensweisen vorzubeugen und damit in der Bevölkerung das Vorkommen verhaltensbedingter Erkrankungen zu reduzieren (z.B. Brinkmann, 2014). Ein Vorteil schulischer Gesundheitsbildung gegenüber der kommunenorientierten oder massenmedialen Gesundheitsbildung ist die gute Erreichbarkeit der Zielgruppe und die damit verbundene mögliche Wirksamkeitsüberprüfung der Programme (Eid & Schwenkmezger, 1997). Beginnend in der Primarstufe sollte die schulische Gesundheitsbildung in der Sekundarstufe aufgegriffen und erweitert werden. Die hier durchgeführte Gesundheitsbildung kann alters- und zielgruppenspezifisch aufbereitet werden und umfasst Themenbereiche wie Ernährung, Umgang mit Alkohol oder Sonnenschutz. Eine sehr hohe Rate an Neuerkrankungen an Hautkrebs in Deutschland begründet die Dringlichkeit des für diese Studie ausgewählten Themenbereichs Sonnenschutz (Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V., 2017). Dabei ist die Vermittlung relevanten Gesundheitswissens eine notwendige Grundlage, die allein jedoch nicht zur Verbesserung der Verhaltenseinstellung führt. Das Aufzeigen von alternativen Verhaltensweisen sowie das Wecken von Interesse und Motivation an Gesundheitsthemen scheinen eine wirksame Ergänzung zu sein (Eid & Schwenkmezger, 1997; Petersen, 2016; Giest, 2016).

Einen innovativen methodischen Zugang bietet der in der fachdidaktischen Forschung relativ neue fachspezifische Humor (Petersen, 2016). Angelehnt an den pädagogischen Humor nach Kassner (2002) und die Inkongruenztheorie nach Koestler (1964) betont er eine kognitive Komponente und beruht auf der unpassenden Verknüpfung eines fachlichen Inhalts (Bezugssystem 1) und einer sinnvollen darauf bezogenen (Alltags-)Situation (Bezugssystem 2).

### Design der Studie

In der Studie wurde der Einsatz eigens entwickelter Selbstlernmaterialien mit und ohne fachspezifischen Humor zum Themenbereich Sonnenschutz untersucht.

Im Sinne einer stetig fortgeführten und anschlussfähigen Gesundheitsbildung wurden Materialien für die Jahrgangsstufe vier entwickelt und durch zusätzliches Material für Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe sechs ergänzt.

In einem Experimental-/ Kontrollgruppendesign mit Pre-/Post- und Follow-Up-Erhebung wurde untersucht, ob die Schülerinnen und Schüler der beiden Jahrgangsstufen an Fachwissen zum Thema Sonnenschutz hinzulernen und ob sich ihr Interesse am Thema Sonnenschutz und ihre Verhaltenseinstellung positiv verändern. In der Pilotstudie wurden zunächst das entwickelte Selbstlernmaterial und die zugehörigen Testinstrumente evaluiert und anschließend optimiert (Holzapfel, Stachelscheid & Walpuski, 2018). Im Fokus dieser Pilotstudie stand die Beantwortung der **Forschungsfrage 1** „Sind Selbstlernmaterialien mit und ohne fachspezifischen Humor zum Thema Sonnenschutz für den Einsatz in den Jahrgangsstufen vier und sechs geeignet?“. Die nachfolgend im gleichen Design mit optimiertem Material und Testinstrumenten durchgeführte Hauptstudie fokussierte auf den Vergleich der Experimental- und Kontrollgruppe und diente der Beantwortung der **Forschungsfrage 2** „Welche Unterschiede in der Wirksamkeit von Selbstlernmaterialien mit fachspezifischem und ohne fachspezifischen Humor zum Thema Sonnenschutz, eingesetzt in den Jahrgangsstufen vier und sechs, gibt es?“.

### Hauptstudie - Beschreibung der Stichprobe

Insgesamt wurden 258 vollständige Datensätze von Schülerinnen und Schülern aus sieben vierten Klassen der Grundschule und sieben sechsten Klassen der Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen analysiert.

### Hauptstudie - ausgewählte Ergebnisse

Die Messung zur Entwicklung des **Fachwissens** über alle drei Messzeitpunkte zeigt sowohl in der Experimentalgruppe ( $n = 141$ ,  $F(1,928, 269,922) = 94,015$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,402$ ) als auch in der Kontrollgruppe ( $n = 117$ ,  $F(2; 232) = 64,006$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,356$ ) einen höchst signifikanten Lernzuwachs mit einem großen Effekt (Abb.1).

Eine detaillierte Betrachtung der einzelnen Werte bestätigt in beiden Gruppen ein geringes Vorwissen, welches nach den Interventionen auf eine grundlegende Wissensbasis anstieg. Dieser Lernzuwachs ist in der Experimental- und in der Kontrollgruppe sowohl von Pre- zu Post- als auch von Pre- zu Follow-Up-Messzeitpunkt signifikant ( $p < 0,001$ ). In beiden Gruppen nimmt das Wissen von Post- zu Follow-Up-Messzeitpunkt jedoch wieder signifikant ab ( $p < 0,001$ ).

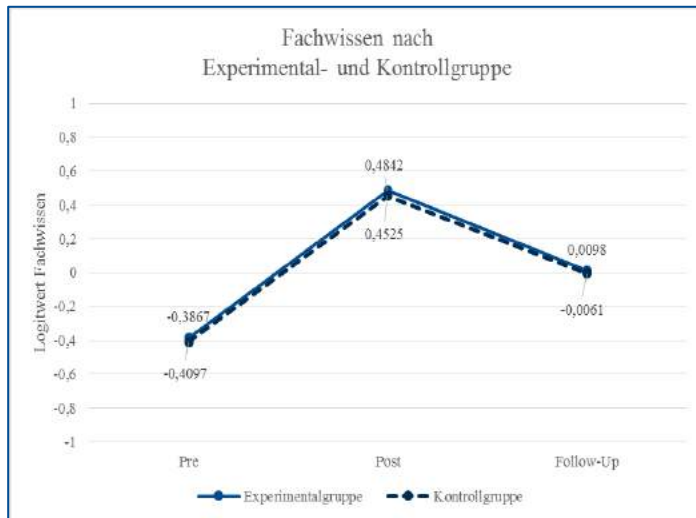


Abb. 1: Entwicklung des Fachwissens

Die MANOVA, die zum Vergleich der beiden Gruppen durchgeführt wurde, zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ( $V = 0,001$ ,  $F(3,254) = 0,045$ ,  $p = 0,987$ ,  $\eta^2 = 0,002$ ). Auch zu keinem der drei Messzeitpunkte sind signifikante Unterschiede oder Effekte messbar.

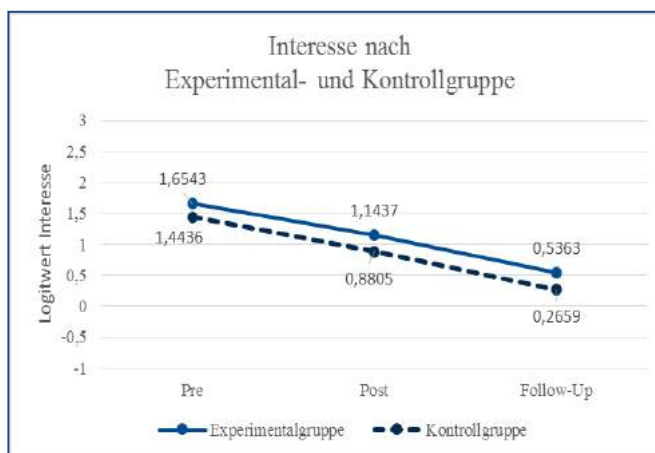


Abb. 2: Entwicklung des Interesses

Das **Interesse** der Schülerinnen und Schüler am Thema Sonnenschutz, gemessen über alle drei Testzeitpunkte, nimmt in der Experimental- ( $n = 141$ ,  $F(1,793, 250,991) = 26,218$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,158$ ) und auch in der Kontrollgruppe ( $n = 117$ ,  $F(1,827, 211,912) = 27,628$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,192$ ) signifikant mit einem großen Effekt ab (Abb.2).

Die Mittelwerte belegen jedoch in beiden Gruppen ein sehr hohes bis mittleres Interesse am Thema Sonnenschutz.

Der Gruppenvergleich über alle Testzeitpunkte kann keine Unterschiede zwischen den Gruppen aufzeigen ( $V = 0,003$ ,  $F_{(3, 254)} = 0,292$ ,  $p = 0,831$ ,  $\eta^2 = 0,003$ ). Werden die einzelnen Messzeitpunkte betrachtet, können ebenfalls keine signifikanten Unterschiede oder Effekte gemessen werden.

Die Entwicklung der **Verhaltenseinstellung** über die drei Messzeitpunkte belegt in der Experimentalgruppe eine signifikante Verbesserung mit einem kleinen Effekt ( $n = 141$ ,  $F_{(2, 280)} = 3,125$ ,  $p = 0,045$ ,  $\eta^2 = 0,022$ ), in der Kontrollgruppe ist ein kleiner, jedoch nicht signifikanter, Effekt sichtbar ( $n = 117$ ,  $F_{(1, 860, 215, 726)} = 1,134$ ,  $p = 0,321$ ,  $\eta^2 = 0,010$ ).

Der Vergleich einzelner Messzeitpunkte ergibt in keiner der beiden Gruppen eine signifikante Veränderung zwischen zwei Messzeitpunkten (Abb.3).

Ein Gruppenvergleich des Gesamtverlaufs belegt einen kleinen, jedoch nicht signifikanten, Effekt ( $V = 0,011$ ,  $F_{(6, 136)} = 0,921$ ,  $p = 0,431$ ,  $\eta^2 = 0,011$ ).

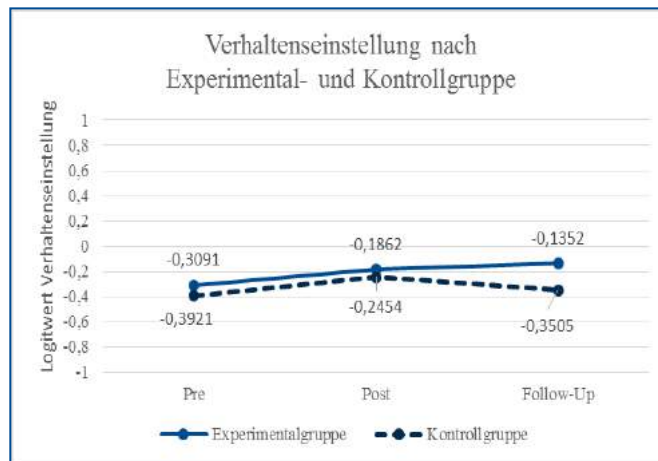


Abb. 3: Entwicklung der Verhaltenseinstellung

### Fazit und Ausblick

Insgesamt zeigt sich in der Entwicklung des Fachwissens der Experimental- und der Kontrollgruppe kein Unterschied. Die Probandinnen und Probanden beider Gruppen lernen signifikant dazu, was insgesamt erfreulich ist und zeigt, dass Experimental- und Kontrollmaterial zur Vermittlung themenspezifischen Fachwissens geeignet sind.

In beiden Gruppen nimmt das Interesse am Thema signifikant ab, der Vergleich zeigt keine Unterschiede im Verlauf.

Erwähnenswert ist die Entwicklung der Verhaltenseinstellung. Der über die Zeit gemessene Verlauf bestätigt in der Experimentalgruppe eine insgesamt signifikante Verbesserung der Verhaltenseinstellung mit kleinem Effekt. In der Kontrollgruppe kann kein vergleichbarer signifikanter Verlauf festgestellt werden. Der Vergleich beider Gruppen zeigt einen kleinen, jedoch nicht signifikanten Effekt, was bei der Interpretation dieser Ergebnisse in jedem Fall limitierend berücksichtigt werden muss.

Insgesamt muss die Forschungsfrage 2 also abgelehnt werden, da sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe ergeben.

Ergänzend zur hier vorgestellten Studie könnte eine Untersuchung zur Attraktivität der Materialien mit fachspezifischem Humor durchgeführt werden. Außerdem könnte die Intervention um ein Training erweitert werden, welches den Schülerinnen und Schülern die Konzeption des fachspezifischen Humors erläutert. Ergänzt durch ein Testinstrument zum Verständnis des fachspezifischen Humors kann überprüft werden, ob und ab welchem Alter die Schülerinnen und Schüler den fachspezifischen Humor verstehen und ob das Verständnis des fachspezifischen Humors einen Einfluss auf die Wirksamkeit der Materialien hat.

## Literatur

- Brinkmann, R. D. (2014). Angewandte Gesundheitspsychologie: [Extras online]. Always learning. Hallbergmoos: Pearson Deutschland.
- Eid, M., & Schwenkmezger, P. (1997). Sonnenschutzverhalten. In R. Schwarzer (Ed.), *Gesundheitspsychologie: Ein Lehrbuch* (2nd ed., pp. 93–115). Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (2017). *Atlas der Krebsinzidenz und mortalität in Deutschland (GEKID-Atlas)*. Lübeck.
- Giest, H. (2016). Gesundheitsbildung im Sachunterricht: Warum reicht Gesundheitserziehung nicht aus? *Grundschulunterricht - Sachunterricht*. (2), 4–8.
- Holzapfel, M., Stachelscheid, K. & Walpuski, M. (2018). Fachspezifischer Humor als Methode in der Gesundheitsbildung. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik,
- Kassner, D. (2002). *Humor im Unterricht: Bedeutung - Einfluss - Wirkungen; können schulische Leistungen und berufliche Qualifikationen durch pädagogischen Humor verbessert werden?* Zugl.: Tübingen, Univ., Diss., 2002. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohen-gehen.
- Koestler, A. (1964). *The Act of Creation*. New York: Penguin.
- Petersen, J. (2016). *Zum Einfluss des Merkmals Humor auf die Gesundheitsförderung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I*. Dissertation. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 208. Berlin: Logos Verlag.

## Design-based research in Schülerlaboren

### Defizite in der Schülerlaborforschung

Schülerlabore stellen einen Großteil der außerschulischen MINT-Bildung in Deutschland dar. Sie ergänzen den naturwissenschaftlichen Unterricht (Braund & Reiss, 2007; Tal, 2012; Rohs, 2016; Harring et. al., 2016), bieten aber auch Angebote, die über die Umsetzung der Kerncurricula hinausgehen. Im besten Falle können sie ein informelles Arbeiten im Sinne einer nicht intendierten Auseinandersetzung mit Lerninhalten bieten (Stocklmayer, Rennie & Gilbert, 2010; Schmidt, Di Fuccia & Ralle, 2011; Haupt et al., 2013). Dabei haben die Absichten der Schülerlabore eine hohe Affinität zum Konzept der Scientific Literacy (OECD, 2017). Wenngleich einige Erkenntnisse hinsichtlich der Wirkung von Schülerlaboren auf das situative Interesse und auf die Motivation zum wissenschaftlichen Denken und Arbeiten vorliegen (Lewalter, 2003; Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Guderian, 2007; Pawek, 2009), bestehen folgende Forschungsdefizite:

- Es fehlen Studien, die ablaufende kognitive Lernprozesse bei der Auseinandersetzung von Schüler/innen mit den angebotenen Inhalten des Schülerlabors detailliert untersuchen. Die Methoden aus schulischen Lernprozessstudien sind hier anzuwenden, um die Interaktion der Lernenden mit den Objekten, den Betreuenden, den Aufgabestellungen im Schülerlabor, dessen baulichen Ausstattung sowie mit sonstigen Charakteristika der Orte und der Angebote nachzeichnen zu können.
- Das Wissen über diese Prozesse ist notwendig, um die komplexe Angebots-Nutzungs-Dynamik (vgl. Helmke, 2015; Meier, 2015) in Schülerlaboren modellieren zu können, die auch affektive und motivationale Aspekte umfasst. Hierzu sind auch die Ziele, Begründungen und Erwartungen der pädagogisch Verantwortlichen zu erheben.
- Auch fehlt Forschung dazu, wie sich Schülerlaborangebote weiterentwickeln lassen, indem empirische Daten herangezogen werden und ein Abgleich zwischen Zielen, Mitteln und Prozessen hergestellt wird.

Eng mit diesen Forschungsdefiziten verbunden ist das Fehlen einer konsistenten Theorie des außerschulischen Lernens im Schülerlabor, die auch explizit auf die Ziele dieser Lernorte eingeht, welche nicht allein das Lernen umfassen, sondern auch Aspekte wie Begeisterung, Berufsorientierung oder Unterhaltung.

### Forschungsfragen

Die hier vorgestellte Studie ist eingebettet in das Forschungsprogramm GINT zum außerschulischen, informellen Lernen (<https://uol.de/gint/>). Ziel ist es im Programm und auch hier, die Angebots-Nutzungsdynamik in MINT-Schülerlaboren aufzuklären, indem folgende Forschungsfragen bearbeitet und aufeinander bezogen werden:

- Welche Ziele verfolgen die pädagogisch Verantwortlichen der Schülerlabore? Welche Funktionen unterstellen sie den eingesetzten Mitteln?
- Wie lassen sich die Schülerlabore und ihre Angebote hinsichtlich wichtiger als lernrelevant diskutierter Konstrukte der Lehr-Lern-Forschung charakterisieren?
- Welche Angebots-Nutzungs-Prozesse sind zu beobachten und welche Lernprozesse finden dabei auf der Handlungsebene und auf kognitiver Ebene statt? Welche Merkmale der Angebote initiieren, fördern oder hemmen das Lernen und die Motivation zu lernen?
- Wie lassen sich konkrete Angebote empiriebasiert so variieren, dass die Potentiale der Schülerlabore bzgl. ihrer eigenen und weiterer Ziele ausgeschöpft werden?

### **Design based research-Ansatz unter konstruktivistischer Perspektive**

Epistemologisch fußt sich die Studie auf der (sozial-)konstruktivistischen Sicht auf fachliches Lernen (Möller, 2007; Gerstenmeier & Mandl, 1995, Duit & Treagust, 2003). Da hier auch komplexe Nutzungsprozesse im Schülerlabor von Interesse sind, wird ein an Helmke (2009) und Meier (2015) angelehntes, ebenfalls konstruktivistisches Modell von Angebot und Nutzung auf die Situation im Schülerlabor angewendet. Es wird verknüpft mit dem Design-based research-Ansatz (Design-Based Research-Collective, 2003; vgl. auch Modell der fachdidaktischen Entwicklungsforschung von Hußmann, Thiele, Hinz, Prediger & Ralle, 2013). Der Design-based research-Ansatz erlaubt es, die Komplexität eines Schülerlaborangebots zu erfassen und datenbasiert weiterzuentwickeln (vgl. Wilhelm & Hopf, 2012). Dabei gehen Evaluation und Optimierung der Laborangebote Hand in Hand mit der Formulierung bereichsspezifischer (lokaler) Theorien des Lernens (vgl. Hußmann et al., 2013) im Schülerlabor. In diesem Sinne werden Generalisierungen (vgl. Reinmann, 2005) in der hier vorgestellten Studie herausgearbeitet hinsichtlich...

- ... der untersuchten Angebote vor und nach ihrer Überarbeitung an den jeweiligen Lernorten und im Vergleich zwischen den Lernorten;
- ... der Bereitschaft der Schülerlabore, ihre Angebote weiterzuentwickeln und sich auf einen Weiterentwicklungsprozess in Kooperation mit einer Forschergruppe einzulassen;
- ... der Art und Weise der tatsächlichen Umsetzung der Weiterentwicklung und der Entwicklung lokaler Theorien des Lernens in Schülerlaboren; dies schließt die Prozesse der Interaktion der Labore mit der beteiligten Forschergruppe ein;
- ... sowie hinsichtlich der Weiterentwicklung von Zielen in den Laboren durch die datenbasierte Reflexion der Ausrichtung und der Wirkung der bisherigen Angebote.

### **Studiendesign und Stichprobe**

An der Studie haben das Zentrum für Natur und Technik in Aurich, der außerschulische Lernort Technik und Natur in Wilhelmshaven und das DLR\_School\_Lab in Bremen mitgewirkt. Folgende Instrumente sind adaptiert oder neu entwickelt worden:

#### *Leitfadeninterview zur Erhebung der Sicht des pädagogischen Personals der Labore*

Mit einem fokussierenden, teilstrukturierten qualitativen Leitfadeninterview wird erhoben, welche Ziele die Lernorte verfolgen und wie sie die Stärken ihrer Lernorte in konkreten Angeboten nutzen, um diese Ziele zu erreichen. Die Absichten der Leitenden hinter den konkreten Angeboten werden erhoben, indem die Leitenden danach gefragt werden, wie sie Ziele wie die Wahrnehmung von Selbstwirksamkeit und Autonomie (Deci & Ryan, 2012) unterstützen wollen. Es liegen n=10 Interviews von durchschnittlich 45 Minuten Dauer vor.

#### *Analyseraster zur Charakterisierung der Schülerlabore*

Mit dem hier entwickelten Analyseraster werden auf makroskopischer und mikroskopischer Ebene potentiell erreichbare Prozesse rekonstruiert und ungenutzte Potentiale in der didaktischen Struktur bezogen auf gesteckte Ziele herausgearbeitet. Zur Analyse werden auf der makroskopischen Ebene pädagogisch-didaktische Konstrukte herangezogen (Sajons, Stiefs & Komorek, 2018; Sajons & Komorek, 2018), die eine Relevanz für das fachliche Lernen sowie die Entwicklung von Interessen (Glowinski, 2007) und Motivation (Lewalter, 2003) haben. Dazu gehören im Bereich „Autonomie und Selbstwirksamkeit“ etwa die Zielgerichtetheit von Aufgabenstellungen, der Einbezug von Vorwissen und motivational solche Maßnahmen, die Autonomie und deren Wahrnehmung sowie Kompetenzwahrnehmung unterstützen; im Bereich „soziale Interaktion“ werden u.a. die Modi der Interaktion, der Umgang mit Heterogenität und motivational Maßnahmen zur Wahrnehmung sozialer Eingebundenheit betrachtet; sowie im Bereich „Relevanz“ die Kontextorientierung, die Produktorientierung oder die Mehrperspektivität sowie motivational, wie die Wahrnehmung der Relevanz von

Aufgabenstellungen unterstützt wird. Auf einer mikroskopischen Ebene werden durch das Angebot vorangelegte kognitive Verarbeitungsprozesse (Edelmann & Wittmann, 2012; Anderson, 2013) analysiert wie Wahrnehmen, Begriffsbilden/ Konzeptbilden, Kontextualisieren/Dekontextualisieren, Planvoll Handeln oder Problemlösen. So können Profile der Schülerlabore herausgearbeitet werden.

#### *Fragebögen, Interviews und Beobachtungen zur Aufklärung der Schülerprozesse*

Um zu klären, wie die Laborangebote genutzt werden und welche kognitiven Verarbeitungsprozesse sowie welche Handlungen stattfanden, sind Schüler/innen beim Durchgang durch die drei betrachteten Angebote beobachtet und entlang eines offenen Leitfadens zu ihren Aktivitäten, zu fachlichen Inhalten, zur Selbstwahrnehmung und zum Herstellen von Zusammenhängen interviewt worden. Pre-Post-Fragebögen und ein follow-up-Klasseninterview stellen den Wissenszuwachs bzw. die schülerseitige Bewertung des Angebots fest. An jedem der drei Lernorte haben je fünf Schulklassen (Stufe 5 bzw. 6) mit insgesamt n=450 Schüler/innen teilgenommen. Von allen liegen Fragebögen (zus. 900) vor und in jeder der Schulklassen ist eine dreiköpfige Schülergruppe engmaschig begleitet worden (45 Stunden Audiotranskript).

### **Vorläufige Ergebnisse**

#### *Prozesse*

Die Ergebnisse liegen auf zwei Ebenen, bei der Prozessaufklärung und bei der darauf basierenden Formulierung von Leitlinien für die Weiterentwicklung von Laborangeboten. Alle Fragebogen- und Interviewdaten werden mit Methoden der Qualitativen Sozialforschung (Kuckartz, 2016) ausgewertet und nach folgenden Leitfragen aufeinander bezogen:

- Inwieweit finden sich die Ziele und Erwartungen der Anbieter in den Charakterisierungen wieder? Worin über- oder unterschätzen sie Potentiale ihrer Angebote?
- Worin weichen die Erwartungen der Betreiber und die hier rekonstruierten Nutzungsprozesse (Denken, Lernen, Problemlösen,...) voneinander ab?
- Inwiefern beeinflussen die Merkmale der Angebote die abgelaufenen Denk- und Lernprozesse? Welche Rolle spielen dabei Mediatorvariablen wie die von den Schüler/innen wahrgenommene Selbstwirksamkeit (Deci & Ryan, 2012)?

#### *Tool zur Selbstevaluation von Schülerlaborangeboten*

Die vorliegenden, teilweise generalisierten Ergebnisse der Studie haben bereits zu Leitlinien für die Weiterentwicklung von Schülerlaboren geführt: Es konnte ein Tool für Laborbetreibende zur Selbstreflexion erstellt werden, das aktuell erprobt wird und bei den Autoren angefragt werden kann. Es besteht aus vier Elementen:

- *Das Laborangebot aus der Distanz kollegial begleiten:* Hierbei analysiert ein Kollege im laufenden Betrieb entlang eines Rasters die Umsetzung eines Laborvormittags.
- *Mit der Schülergruppe begleitend ins Gespräch kommen:* Ein Kollege wird Teil einer Schülergruppe und lernt die Wahrnehmung des Angebots durch die Augen der Schüler/innen kennen.
- *Schülergruppe nach dem Angebot interviewen:* Dies vertieft entlang obligatorischer Fragen die Erkenntnisse hinsichtlich der Nutzungsprozesse durch die Schüler/innen.
- *Angebote gemeinschaftlich kritisch reflektieren:* Hierbei geht es um den strukturierten Austausch innerhalb der Gruppe der Leitenden eines Lernortes. Die Ziele, die mit dem Angebot verbunden sind, die Funktion und Wirkung der eingesetzten Mittel sowie die möglichen und notwendigen Entwicklungen des Angebots (Potentiale) werden nach bestimmten Leitfragen kritisch diskutiert. Kreative und bislang unterbewertete Ideen der Mitarbeitenden werden mit Bezug zu eigenen empirischen Ergebnisse neu bewertet.



## Literatur

- Anderson, J. R. (2013). *Kognitive Psychologie*. Berlin: Springer.
- Braund, M. & Reiss, M. (2007). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education* 28(12), 1373-1388.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2012). Motivation, personality, and development within embedded social context: An overview of self-determination theory. In R. M. Ryan (Ed.), *Oxford handbook of human motivation* (85-107). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful frame-work for improving science teaching and learning. *IJSE*, 25(6), 671-688.
- Edelmann, W. & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz.
- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik* 41(6), 867-888.
- Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Bereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Dissertation. Kiel: Universität Kiel.
- Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte - Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Berlin: Humboldt-Universität.
- Harring, M., Witte, M. D. & Burger, T. (Hrsg.) (2016). *Handbuch informelles Lernen – Interdisziplinäre und internationale Perspektiven*. Weinheim: Beltz
- Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013): Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *MNU* 66/6, 324–330 .
- Helmke, A. (2015). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Klett.
- Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013). Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.). *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign: Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Münster: Waxmann, 25-42.
- Lewalter, D. (2003). Besucherbefragung in der Pharmazieabteilung des Deutschen Museums München – Hinweise auf motivationale Effekte des Museumsbesuchs. In: A. Noschka-Roos (Hrsg.) *Besuchersforschung im Museum*. Band 4 der Reihe: *Public Understanding of Science: Theorie und Praxis*, des Deutschen Museum, 45-82.
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden. Praxis und Computerunterstützung*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Meier, A. (2015). *Motivation, Emotion und kognitive Prozesse beim Lernen in der Lernwerkstatt*. Berlin: Logos Verlag.
- Möller, R. (2007). Genetisches Lernen und Conceptual Change. In J. Kahlert et al. (Hrsg.). *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 258-266.
- OECD (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving*, revised edition, PISA, OECD Publishing, Paris.
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Kiel: Universität Kiel.
- Rohs, M. (Hrsg.) (2016). *Handbuch informelles Lernen*. Berlin: Springer.
- Sajons, C. & Komorek, M. (2018). Charakterisierung von Schülerlaborangeboten als Grundlage zur Analyse von Angebot-Nutzungs-Prozessen. Aneignungspraktiken an außerschulischen Lernorten, Münster: Lit.
- Schmidt, I., Di Fuccia, D. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte, *MNU* 64/6, 362-368.
- Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J. & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education, *Studies in Science Education*, 46 (1), 1-44.
- Tal, T. (2012). Out-of-School: Learning Experiences, Teaching and Students' Learning. In: B. J. Fraser, K. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.) *Second International Handbook of Science Education*. Heidelberg: Springer, 1109-1122.
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In: D. Krüger, I. Parchmann & Schecker, H. (Hrsg.). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Heidelberg: Springer, 31-42.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft* 33/1, 52-69.
- Sajons, C., Stiefs, D. & Komorek, M. (2018). Zielstrukturen, Charakteristika und Abläufe in Schülerlaboren. In: C. Maurer (Hrsg.). *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017, 652-654, Universität Regensburg.

**Design-Based Research: Ein Forschungsansatz für und mit Schülerlaboren****Einleitung**

Ergänzend zu der schulischen Bildung haben sich in Deutschland eine Vielzahl außerschulischer Lernorte etabliert (Euler, 2005). Insbesondere Schülerlabore stellen eine Möglichkeit des außerschulischen Lernens dar. In einer Vielzahl an Forschungsarbeiten nach 2000 konnten positive Effekte auf Interesse, Motivation und Wissen gezeigt werden (z.B. Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Pawek, 2009; Itzek-Greulich, 2014). Diese Forschungsarbeiten legten den Fokus auf die Wirkungen, mit Messungen zu Beginn und nach einem/mehrmaligen Schülerlaborbesuch/en. Noch nicht in gleichem Maße erforscht, sind die für diese Wirkungen verantwortlichen Nutzungs- und Lernprozesse. Als Teil des Graduiertenkollegs „MINT - lernen in informellen Räumen (GINT)“ (<https://www.uni-oldenburg.de/gint/>), widmet sich diese Arbeit der Erforschung ablaufender Prozesse und Bedingungen informellen Lernens. Insbesondere das dyadische Arbeiten in handlungsorientierten Lernumgebungen, mit den entsprechenden Einflussfaktoren, wird betrachtet. In einer Kooperation aus „Zukunftslabor MINT“ und der AG Physikdidaktik wird das spezielle Workshop-Angebot „Elektronik und Löten“ untersucht. In diesem Workshop löten Schülerinnen und Schüler eine elektronische Schaltung in Partnerarbeit.

**Forschungsrahmen und –ansatz**

Das Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2012) stellt einen geeigneten Forschungsrahmen für die Untersuchung von Lernumgebungen dar. Dieses für den Schulunterricht entwickelte Modell ist für das außerschulische Lernen zu adaptieren. In dem Modell ist zentral das Zusammenwirken aus Angebot, Nutzung und Wirkung dargestellt. Weitere Einflüsse durch den personellen Kontext der Schülerinnen und Schüler, der Lernortbetreiber und der Lehrkraft sind ebenfalls berücksichtigt. Eine Lernumgebung konstituiert sich demnach in der Wechselwirkung von vielen verschiedenen Faktoren. Ein Forschungsansatz der ein komplexes Verständnis von Lernumgebungen hat, und dieses auch fördert, ist der design-based research Ansatz (DBRC, 2003; Wilhelm & Hopf, 2014). Praxisrelevante Probleme werden hier unter Nutzung anerkannter Methoden und theoretischer Überlegungen bearbeitet. Der Ansatz geht davon aus, dass es keine isolierbaren Einzelfaktoren gibt, die das Lernen beeinflussen (Wilhelm & Hopf, 2014). Ziel des DBR ist es, gut funktionierende Lernumgebungen (weiter-)zuentwickeln, unter der Perspektive des komplexen Zusammenwirkens von möglichen Einflussfaktoren. In der Kooperation von Forschern und Entwicklern wird eine Lernumgebung gemeinsam verändert.

**Untersuchungsmethode**

Auf der Grundlage von empirisch gewonnen Daten wurde das hier untersuchte Angebot des Schülerlabors in iterativen Zyklen weiterentwickelt.

Auf Angebotsebene wurden leitfadengestützte Interviews mit Akteuren des Lernortes durchgeführt. Ebenfalls wurde das Angebot mit einem Raster begleitet, in welchem lernrelevante Facetten berücksichtigt sind (Sajons & Komorek, 2018). Um eine Zieldimension für das Lernen zu beschreiben, wurden die Aufgaben für die Schülerinnen und Schüler hinsichtlich ihres kognitiven Potentials eingeordnet (Maier et al., 2014).

Um auf der Nutzungsebene ablaufende Prozesse genauer untersuchen zu können, wurden die Workshops durch Fragebögen (pre/post), Audioaufnahmen, begleitende Beobachtungen auf Handlungsebene und Eye-tracking Aufnahmen begleitet.

Die auf Angebots- und Nutzungsebene gewonnenen Daten werden genutzt, um den Workshop weiterzuentwickeln. Der Workshop wurde mit zwei abgeschlossenen Zyklen begleitet. Ein dritter Zyklus wird zurzeit ausgearbeitet.

### **Einblick in getätigte Veränderungen**

Es werden hier exemplarisch vorgenommene Veränderungen dargestellt, die verdeutlichen, dass Veränderungen immer auf Aushandlungsprozessen zwischen Forschern und Entwicklern beruhen.

Die Audioaufnahmen der Einführung in das Löten ergab, dass sehr lange und ausführlich auf die beim Löten entstehenden Dämpfe und die dafür vorgesehene Absaugeinrichtung eingegangen wird. Das führt dazu, dass Schülerinnen und Schüler diesen Dämpfen z.T. ängstlich gegenüber stehen: „*oa \* ich hab das eingeatmet. Oh Gott.*“/ „*Falls du nicht merkst, dass ich Angst habe. Oa ich hab das eingeatmet*“. Schülerinnen und Schüler werden hier durch unbegründete Angst aus dem Nutzungsprozess beim Löten herausgerissen. In den Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht (RiSU) wird zum Löten angeführt, dass dieses lediglich in belüfteten Räumen stattfinden soll. Aus dieser Perspektive ist eine Absaugeinrichtung nicht notwendig. Aus Sicht der Lernortbetreiber gehört jedoch zu einer Lötstation auch eine Absaugeinrichtung. In der Diskussion zwischen Forschern und Entwicklern wurde ausgehandelt, die entstehenden Lötdämpfe zumindest nicht mehr in diesem Umfang zu thematisieren und somit anders zu akzentuieren, sodass es zu einem kontinuierlichen Nutzungsprozess kommt.

Die Interviews ergeben: Die Lernortbetreiber gehen davon aus, dass der Lernprozess, insbesondere durch eine erfolgreiche Selbstwirksamkeitswahrnehmung, gefördert wird. Weiterhin sollen die Schülerinnen und Schüler Spaß am selbsttätigen lernen haben. Die Charakterisierung des Angebotes wiederum hat ergeben, dass Schülerinnen und Schüler keine Möglichkeit haben Einfluss auf das von Ihnen gestaltete Produkt zu nehmen. Auf dieser Grundlage wurde der Workshop dahingehend verändert, dass sie die Möglichkeit erhalten auszuwählen, welche Farbe die blinkenden LEDs haben. Eine noch weitere Öffnung des Angebotes wurde zu diesem Zeitpunkt von den Lernortbetreibern nicht intendiert. Nachdem die Umsetzung dieser Veränderung gut funktioniert hat, konnte für den dritten Zyklus eine weitere Öffnung motiviert werden. Es wird nun auch möglich sein, durch Wahl der entsprechenden Widerstände, Einfluss auf die Blinkfrequenz zu nehmen. Diese Veränderungen, welche sich über mehrere Zyklen hinweg ergeben, zeigen eine weitere Stärke des Forschungsansatzes.

Eye-tracking ist eine vielversprechende Methode, welche eine neue Perspektive auf Nutzungs- und Lernprozesse ermöglicht. Die ersten Datenaufnahmen zeigen schon jetzt, dass Schülerinnen und Schüler dieser Methode offen gegenüberstehen und sich kaum ablenken lassen. Erste Auswertungen der Daten weisen darauf hin, dass Schülerinnen und Schüler bereitgestellte Hilfestellungen nicht in dem gewünschten Maße nutzen.

### **Ausblick**

Für die Untersuchung außerschulischer Lernorte zeigt sich der design-based research Ansatz als wirksam. Die Zusammenarbeit zwischen Forschern und Entwicklern ist produktiv. Der aktuell laufende dritte Zyklus wird bis Dezember 2018 umgesetzt und begleitet. Danach sollen generalisierende Aussagen über das entwickelte Design hinaus getroffen werden. Auf Ebene der Lernprozesse werden die getätigten Audioaufnahmen noch hinsichtlich ihrer auffälligen affektiven Färbung der Schüleräußerungen untersucht. Motivation und Emotion sind in den Mediationsprozessen zwischen Angebot und Nutzung verortet. Somit können diese als Kristallisationspunkt für Nutzungs- und Lernprozesse angesehen werden.

### Literatur

- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos
- Euler, M. (2005). Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 90, 4-12
- Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Bereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Kiel: CAU
- Helmke, A. (2012). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität : Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer
- Itzek-Greulich, H. (2015). Einbindung des Lernortes Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht: empirische Untersuchung zu kognitiven und motivationalen Wirkungen eines naturwissenschaftlichen Lehr-Lernarrangements. Tübingen: Eberhard-Karls-Universität
- Maier, U., Kleinknecht, M., Metz, K., & Bohl, T. (2010). Ein allgemeindidaktisches Kategoriensystem zur Analyse des kognitiven Potenzials von Aufgaben. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 28(1), 84-96
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Kiel: CAU
- Sajons, C. & Komorek, M. (2018). Charakterisierungsraster für Angebote im Schülerlabor als Grundlage zur Analyse von Lernprozessen. In: M. Wilhelm, A. Rempfler & B. Sommer Häller (Hg.): Aneignungspraktiken an außerschulischen Lernorten, Tagungsband zur 5. Tagung Außerschulische Lernorte der PH Luzern vom 9./10. Juni 2017, Münster: Lit, xx
- The Design-Based Research Collective (DBRC) (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32, 5-8.
- Wilhelm, T., & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In: Krüger, D., Parchmann, I., Schecker, H. (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*, 31-42.

Annika Roskam<sup>1</sup>  
Michael Komorek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universität Oldenburg  
<sup>2</sup> Universität Oldenburg

## Lernprozessanalyse im Nationalparkhaus

### Forschungsbedarf und theoretischer Hintergrund

Das Wattenmeer, die Küste und der Ozean sind Systeme, die als Lebens- und Wirtschaftsräume eine große Bedeutung haben. Es lässt sich eine hohe Dynamik durch wechselwirkende Prozesse erkennen, wodurch diese Systeme sensitiv auf Klima- und Umweltveränderungen reagieren (Davidson-Arnott, 2010). In den Nationalparkhäusern zum Wattenmeer der Nordsee wird dies aus einer vorwiegend biologisch-chemischen Perspektive heraus thematisiert, um eine Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung zu fördern. Allerdings ist gerade aufgrund der hohen physikalischen Dynamik das Wattenmeer 2009 durch die UNESCO zum Weltnaturerbe ernannt worden.

Um der physikalischen Dynamik gerecht werden zu können, ist es notwendig die systemischen Sichtweisen auf die komplexe Dynamik in Küsten- und Meeresregionen auch aus einer physikalischen Perspektive zu verdeutlichen. Diese Perspektive ist derzeit noch unterrepräsentiert. Im Projekt POWer (Physics of the Ocean and the Wadden Sea – educationally reconstructed), gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, besteht das Ziel, physikalische Aspekte in den Ausstellungen des Nationalparks zu verankern. Studien von Bliesmer (2016) und Roskam (2016) zeigen, dass die Bildungseinrichtungen eine Umsetzung als nicht möglich betrachten bzw. ihnen der Zugang fehlt. Dabei sehen diese Einrichtungen den Zugang als bedeutungsvoll und notwendig an. Es wird damit ein Bedarf auf Ebene der Elementarisierung und Rekonstruktion gesehen (siehe Beitrag Bliesmer in diesem Band). Ebenso die Interaktion mit dem Exponat gilt es, durch einen alternativen methodischen Zugang zu erhöhen. Hierfür sind Exponate aus einer fachdidaktischen Perspektive entwickelt und erprobt worden, um Denk-, Entschlüsselungs- und Lernprozesse bei der Interaktion mit dem Exponat zu untersuchen.

Um das Konzept der Exponate und die Exponate selbst zu entwickeln, wird eine kognitionspsychologische Sicht eingenommen und fachliches Lernen wird als aktiver Konstruktionsprozess von Besuchenden in der jeweiligen sozialen Situation verstanden (vgl. Gerstenmaier & Mandl, 1995; Möller, 2007). Somit wird in der vorliegenden Studie angenommen, dass kognitive Verarbeitungsprozesse der Besuchenden bei der Auseinandersetzung mit und der Nutzung von Exponaten angeregt werden (Matusov & Rogoff, 1995). Inhaltlich stehen hier Strömungsphänomene im Fokus. In der traditionellen Sicht auf Ausstellungsgestaltung stehen dagegen gestalterische und ästhetische Prinzipien sowie der Weg der Besuchenden durch die Ausstellung im Zentrum.

### Studiendesign

In der Studie ist eine Ausstellung zum Motto „Ursache-Strömung-Wirkung“ mit sechs Exponaten als Grundlage für Forschungsprozesse entwickelt worden. Zentrales Thema darin sind Strömungsphänomene, die auf unterschiedlichen Größenskalen betrachtet werden wie die Entstehung der Rippelstrukturen im Wattboden aufgrund der Granularität von Sand (Größenordnung 1 cm-1 km), die Dünenentstehung (1-100 km), die Amphidromie (10-1000 km), der Golfstrom (2000-4000 km) oder der Tsunami (1000-4000 km).

Es ist der Ansatz des Design-Based Research (Abb.1 links; vgl. Design-Based Research Collective, 2003) gewählt worden, um zwei Anforderungen gerecht zu werden. Zum einen sind die kognitiven Verarbeitungsprozesse der Besuchenden zu untersuchen. Zum anderen soll generalisierbares Wissen über das Lernen mit Exponaten in Ausstellungen zur Küsten-

und Meeresdynamik herausgearbeitet werden, d. h. es sollen „domänenspezifische Theorien“ formuliert werden (vgl. „lokale Theorie“ bei Hußmann et al., 2013).

Um die Ausstellung in einer realen Situation zu untersuchen, sind zwei Feldstudien (Abb.1, rechts) durchgeführt worden. Hierfür ist die Ausstellung in den Nationalparkhäusern Dangast und Norddeich für jeweils zwei Monate erprobt worden. Zur Untersuchung der ablaufenden (kognitiven) Prozesse der Besuchenden ist jeweils eine weitere Datenaufnahme in der Laborsituation (Abb.1, rechts) in der Universität erfolgt. Es sind distanzierte und teilnehmende Beobachtungen und qualitative Interviews in der Feldstudie eingesetzt worden. In der Laborstudie konnte darüber hinaus durch einen Fragebogen das Vorwissen von Besuchenden und ihre Denkweisen beim Umgang mit Exponaten erfasst werden. Die Besuchenden interagierten im Rahmen eines „Teaching Experiments“ (Lehr-Lern-Interview) mit den Exponaten; ihre Handlungen sind mittels eines Beobachtungsbogens ebenfalls erfasst worden.

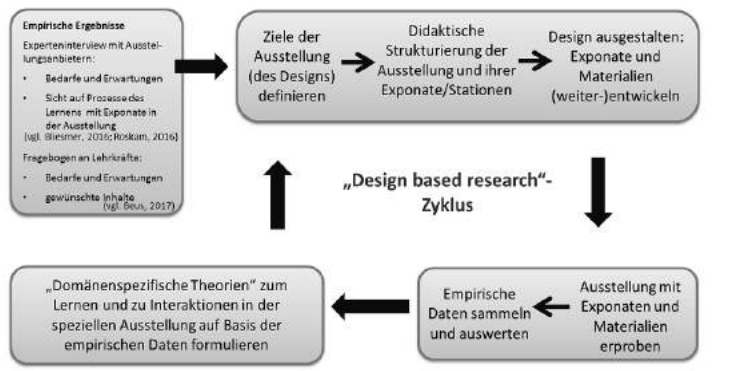


Abb. 1: Fachdidaktischer Entwicklungszyklus für die Untersuchung kognitiver Verarbeitungprozesse von Besuchenden in der eigens entwickelten Ausstellung „Ursache-Strömung-Wirkung“ (links). Entwicklungszyklen gegliedert nach den Studien (rechts).

### Entwicklung der Exponate als Lernaufgabe

Die Interaktivität der Besuchenden mit den Exponaten gilt es zu erhöhen, indem ein Ausstellungsexponat den Charakter einer Lernaufgabe (vgl. Leisen, 2010; Ralle et al., 2014; Schecker & Hopf, 2011) bekommt (siehe Abb.2). Es sind verschiedene Lernphasen zu unterscheiden (siehe Roskam et al., 2018).

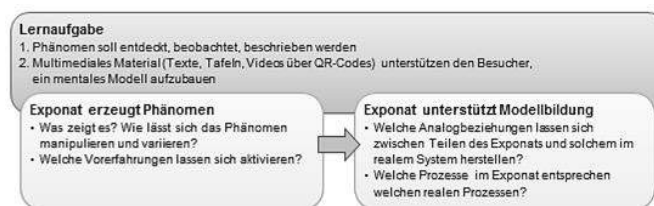


Abb. 2: Lernkonzept der Exponate.

### Potentialanalyse und Nutzungsprozesse

Für die Weiterentwicklung der Exponate auf empirischer Grundlage sind sogenannte Potentialanalysen (Abb.3) durchgeführt worden. Dafür ist ein Schema entwickelt worden, das für jedes Exponat eine Einteilung in Phasen der potentiellen Nutzung vornimmt und hinsichtlich der Angebotsstruktur die möglichen Nutzungsprozesse diskutiert (in Anlehnung an Achiam, 2013; Helmke, 2009; Komorek & Richter, 2017; Krabbe et al., 2015).

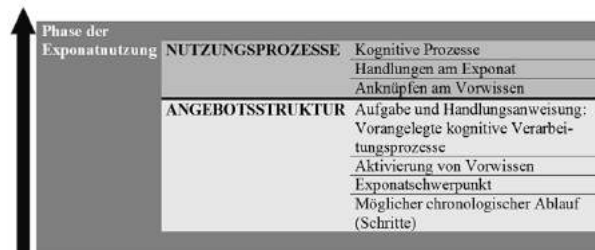


Abb. 3: Schema für die Potentialanalyse der jeweiligen Exponate.

Die Weiterentwicklung der Exponate erfolgt auf Grundlage der Potentialanalyse im Abgleich mit den empirisch erhobenen bzw. rekonstruierten kognitiven Verarbeitungsprozessen der Besuchenden. Damit ist eine iterative Weiterentwicklung des „Designs“, also der einzelnen Exponate, der dazugehörigen Lernaufgabe und des Konzepts der Ausstellung vorgenommen worden; zwei Iterationen sind hier durchgeführt worden.

#### Auswertung und erste Ergebnisse

Die qualitativen Interviewdaten werden kategoriengestützt nach Kuckartz (2012) ausgewertet. Die Ergebnisse der Potentialanalyse werden auf die Rekonstruktionen der Denk- und Lernprozesse der Besuchenden in der Studie bezogen. Außerdem wird ein Vergleich der rekonstruierten Denk- und Lernprozesse vor und nach dem Redesign der Exponate durchgeführt. Die Resultate des Vergleichs führen zur Weiterentwicklung der Exponate und der Ausstellung im Sinne des Design-Based Researchs. Für die Erfassung und Rekonstruktion der kognitiven Verarbeitungsprozesse ist ein Schema (Abb. 4) entwickelt worden, bei dem ein Aspekt die Informationsverarbeitung im Rahmen des Aufbaus von Sachwissen ist und ein weiterer Aspekt Prozesse der Wahrnehmung und der Aufmerksamkeit umfasst.

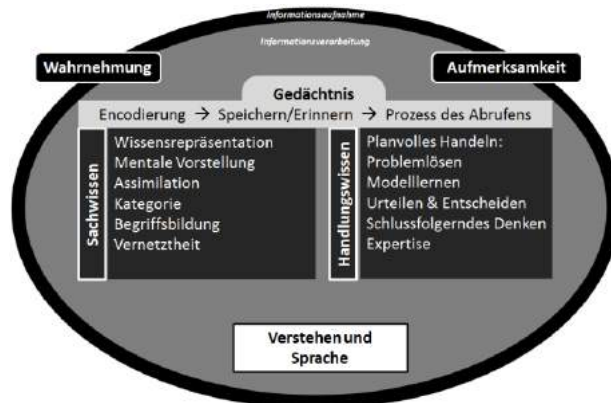


Abb. 4: Schema von Kategorien von kognitiven Prozessen (in Anlehnung Anderson, 2013; Hochschulrektorenkonferenz, 2015; Edelmann & Wittmann, 2012; Seel, 2003; Steinert, 2006; Thoma, 2009; Wessells, 1994; Winkel et al., 2006).

Im Rahmen der Feldstudien hat sich gezeigt, dass Besuchende differente Verhaltensmuster bei der Nutzung der Exponate haben: Unterschiedlichkeit besteht in der Nutzung der Lernmaterialien an den Stationen, in die die Exponate eingebettet sind. Außerdem wird sehr unterschiedlich vom wahrgenommenen Phänomen einer Station auf das Prinzip der „Strömungen als Ursache und Wirkung“ verallgemeinert.

## Literatur

- Achiam, M. F. (2013). A Content-oriented Model for Science Exhibit Engineering, *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, 3:3, 214-232.
- Anderson, J.R. (2013). *Kognitive Psychologie*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Beus, L. (2017). Befragung von Lehrkräften zu physikalischen Aspekten in Ausstellungen zum Themenfeld 'Wattenmeer, Küste und Ozean'. Oldenburg: Universität Oldenburg.
- Bliesmer, K. (2016). *Fachdidaktische Analyse der Bildungsangebote deutscher Meeresforschungsinstitute*. Oldenburg: Universität Oldenburg.
- Davidson-Arnott, R. (2010). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Cambridge: University Press.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Edelmann, W. ; Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie*. Weinheim Basel: Beltz Verlag.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik* 41(6), 867-888.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität – erfassen, bewerten, verbessern*. Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- Hochschulrektorenkonferenz (Hrsg.) (2015). *Nexus Impulse für die Praxis Nr. 2: Lernergebnisse praktisch formulieren*. Online abrufbar unter: [https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/Lernergebnisse\\_praktisch\\_formulieren\\_01.pdf](https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/Lernergebnisse_praktisch_formulieren_01.pdf) (Stand: 08.10.18).
- Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013). Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign: Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme* (S. 25-42). Münster: Waxmann.
- Case, R. (1977). Implications of developmental psychology for the design of effective instruction. In I.J.W. Pellegrino, E.S.D. Fokkema & R. Glaser (Eds.), *Cognitive psychology and instruction*. New York: Plenum, 441 – 465.
- Komorek, M. & Richter, C. (2017). Backbone - Rückgrat bewahren beim Planen. In Wernke, S. & Zierer, K. (Hrsg.), *Die Unterrichtsplanung: Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?!* (S. 91-103). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kuckartz, U. (2014). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Krabbe, H., Zander, S. & Fischer, H.E. (Hrsg.) (2015). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht. Materialien zur Lehrerfortbildung*. Münster: Waxmann.
- Leisen, J. (2010). Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren. Informationen und Beispiele zu Lernaufgaben im kompetenzorientierten Unterricht. In *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* Nr. 117/118, S. 9-13.
- Möller, K. (2007). Genetisches Lernen und Conceptual Change. In J. Kahlert et al. (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 258-266.
- Ralle, B.; Prediger, S.; Hammann, M.; Rothgangel, M. (2014): *Lernaufgaben entwickeln, bearbeiten und überprüfen. Ergebnisse und Perspektiven fachdidaktischer Forschung*. Münster: Waxmann.
- Roskam, A. (2016). *Fachdidaktische Analyse außerschulischer Repräsentationen der (geo-)physikalischen Dynamik im Wattenmeer und an der Küste*. Oldenburg: Universität Oldenburg.
- Schecker, H. & Hopf, M. (2011). Aufgaben im Physikunterricht. In: H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf (Hrsg.), *Physikdidaktik kompakt*, S. 123 -131. Köln: Aulis.
- Seel, N. M. (2003). *Psychologie des Lernens*. München: Ernst Reinhardt, GmbH & Co KG, Verlag.
- Steiner, G. (2006). Lernen und Wissenserwerb. In: A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz.
- Thoma, G.-B. (2009). Was lernen Besucherinnen und Besucher im Museum? Eine Untersuchung von Lerngelegenheiten einer Museumsausstellung und ihrer Nutzung. Dissertation. Universität Kiel.
- Wessells, M. (1994). *Kognitive Psychologie*. München: Ernst Reinhardt, GmbH & Co.
- Winkel, S.; Petermann, F.; Petermann, U. (2006). *Lernpsychologie*. Paderborn: Verlag Ferdinand Schöningh GmbH & Co. KG.



### Reflektieren im Lehr-Lern-Labor Physik: Ausgewählte Ergebnisse

Ein zentrales Anliegen der Professionalisierung angehender Lehrkräfte ist, neben dem Erwerb professionellen Wissens und dessen Anwendung in unterrichtlichen bzw. unterrichtsähnlichen Handlungssituationen, die gezielte Reflexion der in der o. g. Praxis gesammelten Erfahrungen (Dohrmann & Nordmeier, 2017). Konkrete Umsetzungsbeispiele, die sich direkt auf die universitäre Lehrkräftebildung beziehen und sich an der geforderten Integration von berufsrelevanter Praxis und der daran anschließenden Reflexion orientieren sind jedoch selten zu finden. Ohne auf fachdidaktische Inhalte einzugehen, fordert die KMK auf einer allgemeinen Ebene eine Lehrkräftebildung, „die sowohl professionelles Wissen, berufsbezogenes Reflektionsvermögen [sic!], eine eigenständige Urteilsfähigkeit sowie die Erprobung und konkrete Einübung eines breiten Handlungsrepertoires (inklusive der Routinisierung mancher beruflicher Handlungsformen) mit umschließt. Dabei geht der Weg nicht einfach vom vermittelten Wissen über Reflektieren und Urteilen zum Handeln und zur Routine. Für fortlaufend sich entwickelnde Professionalität ist gerade entscheidend, dass diese verschiedenen Elemente produktiv kombiniert werden können“ (KMK, 2004, S. 6). Lehr-Lern-Labore (LLL) bilden einen solchen Ausbildungskontext, verbinden theoretische mit praktischen Ausbildungsanteilen und ermöglichen Reflexionsprozesse (vgl. Dohrmann & Nordmeier, 2018, 2017, 2016). Im ‚geschützten‘ LLL-Rahmen können so unterrichtliches Planen und Handeln, aber auch die direkt darauf bezogene Reflexion geübt und fruchtbar gemacht werden (vgl. Heppekausen, 2013; Carlsburg & Müller, 2007; Schneider, 2004), sodass Lern- und Entwicklungsschritte ermöglicht werden können (Weinberger, 2013). Insbesondere kollektive Reflexionsprozesse werden als förderlich angesehen, da sie „blinde Flecken des eigenen pädagogischen Handelns sichtbar machen können“ (Berkemeyer et al. 2011, S. 228). Dies ist insbesondere wichtig, da sich (angehende) Lehrkräfte in unterrichtlichen Entscheidungssituationen häufig nicht an wissenschaftlich fundierten Wissensbeständen, sondern eher an direkt oder indirekt erlebtem Erfahrungswissen orientieren und somit etablierte Handlungsmuster nur schwer aufgebrochen werden können (vgl. Baumert & Kunter, 2006; Niggli, 2002). Reflexion ist damit für professionelles Handeln grundlegend. „Sie umfasst sowohl die a-priori Entscheidungen der Planung als auch die a-posteriori Reflexion nach der Handlung. Der Reflexionsprozess [...] ist effizienter, wenn er im kommunikativen oder beratenden Rahmen praktiziert wird“ (ebd., S. 347). Für erfolgreiches Reflektieren sowie die Ausprägung von Reflexionskompetenz müssen jedoch verschiedene personale Voraussetzungen erfüllt sein. So geht Dewey (1933) davon aus, dass persönliche Einstellungen die Grundlagen zur Ausprägung von Reflexionskompetenz sind: Aufgeschlossenheit, Verantwortlichkeit und vorbehaltloses Engagement (Seyfried et al. 2013, S. 122). Darüber hinaus müssen Reflexionsprozesse mit dem Gefühl persönlichen Nutzens verbunden sein, denn nur über positive Erfahrungen, die durch selbst initiierte Reflexionsprozesse evoziert werden, lässt sich intrinsische Motivation hinsichtlich des Reflektierens erzeugen bzw. aufrechterhalten (vgl. Wilde et al. 2009, S. 32). Über diesen Schritt kann es folglich zu einer Veränderung von Einstellungen kommen, die wiederum eine Bedingung zur Ausprägung von Reflexionskompetenz sind. Erst wer den Sinn und persönlichen Nutzen von Reflexion für sich erkennt, beginnt sich auf den Prozess einzulassen und ihn habituell zu verfestigen, denn die „Umsetzung professioneller Unterrichtsreflexion erfordert, neben dem notwendigen Wissen und Können, insbesondere eine positive Einstellung und die Bereitschaft zur Reflexion des eigenen Handelns“ (Neuber und Göbel 2016, S. 3).

### Begleitforschung zum Format Lehr-Lern-Labore

Die o. g. Forderungen werden im LLL „Schwimmen, Schweben, Sinken“ der Freien Universität Berlin aufgegriffen und umgesetzt. Dabei handelt es sich um ein Lehr-Lern-Labor-Blockseminar, in dem die Studierenden erste Erfahrungen in der Rolle als Lehrkraft sammeln können (vgl. Dohrmann & Nordmeier, 2016). Ein Schwerpunkt der Veranstaltung liegt auf der (kollektiven) Reflexion durchgeführter bzw. beobachteter Unterrichtsminiaturen. Wie bereits oben angedeutet, ist der Erwerb von Reflexionskompetenz ein Prozess, der sich über das gesamte Studium und darüber hinaus hinzieht und schwerlich von einer einzigen Lehrveranstaltung gefordert werden kann. Dennoch können wichtige Grundvoraussetzungen dafür angebahnt werden. Aus diesem Grund wurden die Seminarteilnehmer\*innen zu den Konstrukten *Theorie-Praxis-Reflexion*, *Reflektiertheit* sowie *Einstellungen gegenüber Reflexion* befragt. Die Skalen zu den ersten beiden Konstrukten entstammen einem Instrument zur Erfassung der Facetten von Service Learning an dt. Hochschulen (Reinders et al., 2014) und wurden minimal adaptiert. Die Skalen zur Erfassung von Einstellungen gegenüber Reflexion entstammen einem Instrument aus dem Projekt ScRiPS der Universität Duisburg-Essen (Neuber & Göbel, 2016). Dieses Instrument wurde um eine Skala gekürzt, da sie nicht zum Erhebungskontext passte. Die Erhebungszeiträume waren das Sommersemester 2017 und das Wintersemester 2017/18. Die Befragungen fanden als Paper-Pencil-Test zu Beginn der ersten Einführungsveranstaltung und am Ende des letzten Tages der Praxisphase statt. Da sich die Intervention nicht änderte, wurden die Daten der jeweiligen Seminare zur Auswertung zusammengefasst. Bei fehlenden Werten wurde der Datensatz nicht in die Auswertung einbezogen. Insgesamt wurden 52 Personen, 13 männliche und 39 weibliche, befragt, die im Durchschnitt 25 Jahre (MIN=20.0; MAX=44.0; SD=5.16) alt waren und sich im Mittel im fünften Bachelorsemester befanden (AM=4.9; MIN=3; MAX=7; SD=0.7). Von den Untersuchungsteilnehmer\*innen studierten zum Erhebungszeitpunkt 12 Personen (m=6; w=6) im Bachelorstudiengang Lehramt Physik für integrierte Sekundarschulen und Gymnasien und 39 Personen (m=7; w=33) im Bachelorstudiengang Grundschulpädagogik (Sachunterricht).

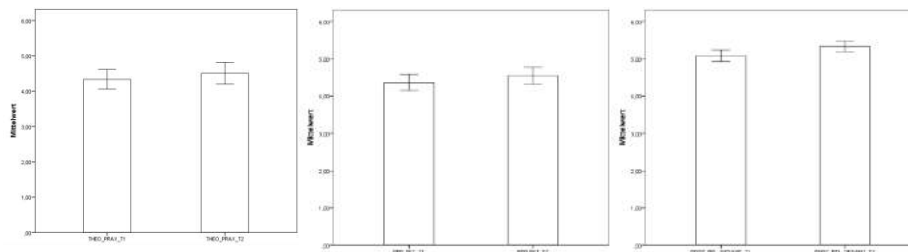


Abb. 1: Entwicklung der Theorie-Praxis-Reflexion, der Reflektiertheit sowie der Einstellung gegenüber Reflexion im Pre-Post-Vergleich

Die Erhebung ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied für die *Theorie-Praxis-Reflexion* der Teilnehmer\*innen zwischen Beginn und Ende des Praxisseminars;  $t(49)=1.83$ ,  $p=.074$ . Der Mittelwert zu Beginn war 4.34 (SD=.98) und zeigte eine Zunahme auf 4.51 (SD=1.08) bis zum Ende der Lehrveranstaltung (Abb. 1, linke Darstellung). Die Ergebnisse liefern einen statistisch nicht signifikanten Unterschied für die Theorie-Praxis-Reflexion der Physiklehramtsstudent\*innen zwischen Beginn und Ende des Praxisseminars;  $t(11)=1.79$ ,  $p=.861$ . Der Mittelwert zu Beginn war 4.00 (SD=1.01) und zeigte eine Abnahme auf 3.95 (SD=1.01) zum zweiten Messzeitpunkt. Bei den Grundschullehramtsstudent\*innen ergab die Erhebung jedoch einen signifikanten Unterschied,  $t(37)=2.78$ ,  $p=.008$ . Der Mittelwert zu Beginn war 4.44 (SD=.96) und nahm zum Ende des Seminars auf 4.68 (SD=1.05) zu.

Die Erhebung zur *Reflektiertheit* ergab einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Beginn und Ende des Praxisseminars;  $t(51)=2.36$ ,  $p=.022$ . Der Mittelwert zu Seminarbeginn war 4.37 (SD=.75) und zeigte eine Zunahme auf 4.55 (SD=.81) (Abb. 1, mittlere Darstellung).

Bezogen auf den Gesamtscore über drei Skalen ergab die Erhebung einen statistisch signifikanten Unterschied für die *Einstellungen gegenüber Reflexion* bei den Teilnehmer\*innen zwischen Beginn und Ende der Veranstaltung;  $t(50)=3.76$ ,  $p<.001$ . Der Mittelwert zu Beginn lag bei 5.09 (SD=.54) nahm zu auf 5.33 (SD=.49) bis zum Ende der Lehrveranstaltung (Abb. 1, rechte Darstellung). Alle drei Subskalen (*individuelle Reflexion*, *kollegiale Reflexion*, *Relevanz von Unterrichtsreflexion*) zeigten moderate Effekte ( $d=.38/.38/.47$ ). Es gab bei allen Ergebnissen keine geschlechterspezifischen Unterschiede.

### Diskussion und Ausblick

Alle erfassten Konstrukte verzeichneten im Seminarverlauf leichte Zuwächse. Die *Theorie-Praxis-Reflexion* spiegelt dabei das Nachdenken über die Bedeutung von theoretischen Inhalten für praktisches Handeln wider. Das Ergebnis bedeutet einen Professionalisierungserfolg, denn eine Abnahme könnte ein Indiz für eine deprofessionalisierende Wirkung der Lehrveranstaltung sein (vgl. Weyland, 2014; Hascher, 2011). Die Skalen zur *Reflektiertheit* bzw. *Reflexivität* ermittelten, inwiefern sich die Teilnehmer\*innen mit den gelernten Inhalten und ihren gesammelten, praxisbezogenen Erfahrungen reflexiv auseinandersetzen und repräsentieren „die Fähigkeit, mit Veränderungen umzugehen, aus Erfahrungen zu lernen und kritisch zu denken und zu handeln“ (AK DQR 2011, S.9). Auch hier können Zuwächse im Sinne der Professionalisierung und der Ausprägung eines reflexiven Habitus bei den Proband\*innen ermittelt werden (vgl. Krofta et al., 2013). In Bezug auf die *Einstellungen gegenüber Reflexion* lassen sich moderate Effekte nachweisen. Besonders erfreulich im Sinne des Professionalisierungsgedankens sind die bereits hohen Werte im Pre-Test. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass die Studierenden den Wert des Reflektierens für die eigene Weiterentwicklung erkennen und gegenüber Reflexionsprozessen eine aufgeschlossene Einstellung entwickeln. Aufgrund der Kürze der Intervention ist der (zwar geringe) Zuwachs ein wenig überraschend.

Die Ermittlung von Reflexionskompetenz ist nach wie vor eine Herausforderung, denn sie kann nicht über den Einsatz von Skalen erfasst werden (Zimmermann & Welzel, 2008). Schon der Begriff selbst ist nicht leicht zu fassen und kann bspw. 2-dimensional über die Reflexionstiefe und -breite operationalisiert werden (vgl. Wyss, 2008). In einer weiteren Studie wird derzeit die Entwicklung der Reflexionstiefe über den Seminarverlauf untersucht. Erste Analysen zeigen ein eher ernüchterndes Bild und stellen keine signifikanten Veränderungen fest (Meißner, in Vorbereitung). Dieses Ergebnis ist jedoch insofern erwartungskonform, als dass es sich um eine äußerst kurze Intervention im Kanon des Curriculums handelt und somit auch keine tiefgreifenden Kompetenzveränderungen erwartet werden können.

## Literatur

- AK DQR - Arbeitskreis Deutscher Qualifikationsrahmen (2011): Deutscher Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen. Hg. v. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Bonn. Online verfügbar unter [https://www.dqr.de/media/content/Der\\_Deutsche\\_Qualifikationsrahmen\\_fue\\_lebenslanges\\_Lernen.pdf](https://www.dqr.de/media/content/Der_Deutsche_Qualifikationsrahmen_fue_lebenslanges_Lernen.pdf), zuletzt geprüft am 05.09.2017.
- Baumert, Jürgen; Kunter, Mareike (2006): Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 9 (4), S. 469–520.
- Berkemeyer, Nils; Järvinen, Hanna; Otto, Johanna; Bos, Wilfried (2011): Kooperation und Reflexion als Strategien der Professionalisierung in schulischen Netzwerken. In: Werner Helsper und Rudolf Tippelt (Hg.): Pädagogische Professionalität. Wien, Basel: Beltz ((Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 57)), S. 225–247.
- Carlsburg, Gerd-Bodo von; Müller, Martina (2007): Schule im Wandel - Lehrerbildung in der Diskussion. In: Pädagogika 87, S. 13–19.
- Dohrmann, René & Nordmeier, Volkhard (2018). Praxisbezug und Professionalisierung im Lehr-Lern-Labor-Seminar (LLS) - ausgewählte vorläufige Ergebnisse zur professionsbezogenen Wirksamkeit. In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 524). Universität Regensburg.
- Dohrmann, René & Nordmeier, Volkhard (2017). Lehr-Lern-Labor und Professionalisierung im Lehramtsstudium Physik. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 560). Universität Regensburg.
- Dohrmann, René & Nordmeier, Volkhard (2016). Professionalisierung im Lehr-Lern-Labor Physik. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 581). Universität Regensburg.
- Hascher, Tina (2011): Forschung zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. In: Terhart, Ewald; Bennewitz, Hedda; Rothland, Martin (Hrsg.): Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. Münster: Waxmann, S. 573–591.
- Heppekausen, Jutta (2013): Beobachtung, Selbstbeobachtung und Reflexion in der Lernbegleitung. In: Hendrik Coelen und Barbara Müller-Naendrup (Hg.): Studieren in Lernwerkstätten. Potentiale und Herausforderungen für die Lehrerbildung. Wiesbaden: Springer VS (SpringerLink : Bücher), S. 109–126.
- Krofta, Helen; Fandrich, Jörg; Nordmeier, Volkhard (2013): Fördern Praxisseminare im Schülerlabor das Professionswissen und einen reflexiven Habitus bei Lehramtsstudierenden? In: Volkhard Nordmeier und Helmuth Grötzbauch (Hg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Frühjahrstagung. Jena. DPG. Berlin.
- Kultusministerkonferenz der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2004b): Standards für die Lehrerbildung: Bericht der Arbeitsgruppe. Online verfügbar unter [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Standards\\_Lehrerbildung-Bericht\\_der\\_AG.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards_Lehrerbildung-Bericht_der_AG.pdf), zuletzt geprüft am 28.11.2017.
- Meißner, Christine (in Vorbereitung): Entwicklung der Reflexionstiefe im Lehr-Lern-Labor „Schwimmen, Schweben, Sinken“ (Masterarbeit). Freie Universität Berlin.
- Neuber, Katharina; Göbel, Kerstin (2016): Schülerrückmeldungen zum Unterricht und Unterrichtsreflexion. Dokumentation der entwickelten Erhebungsinstrumente im Projekt „Schülerrückmeldungen zum Unterricht und ihr Beitrag zur Unterrichtsreflexion im Praxissemester (ScRiPS)“ - Erste Skalenanalysen -. Hg. v. Universität Duisburg Essen. Online verfügbar unter <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet?id=42993>, zuletzt geprüft am 23.10.2017.
- Niggli, Alois (2002): Welche Komponenten reflexiver beruflicher Entwicklung interessieren angehende Lehrerinnen und Lehrer? Faktorenstruktur eines Fragebogens und erste empirische Ergebnisse. In: Revue suisse des sciences de l'education 26 (2), S. 343–364.
- Schneider, Edith (2004): Professionalität von Lehrerinnen und Lehrern. In: ZDM 36 (1), S. 1–2.
- Seyfried, Clemens; Weinberger, Alfred; Reitering, Johannes (2013): DIInE (Dispositions Inventory for Education): Entwicklung eines Inventars zur Entscheidungsfindung bei Aufnahmeverfahren von Studienbewerber/-innen an pädagogischen Hochschulen. In: Alfred Weinberger (Hg.): Reflexion im pädagogischen Kontext. Forschungsberichte der Privaten Pädagogischen Hochschule der Diözese Linz. Wien, Berlin, Münster: LIT (Austria: Forschung und Wissenschaft: Erziehungswissenschaft, 19), S. 113–134.
- Weinberger, Alfred (2013): Einleitung. In: Alfred Weinberger (Hg.): Reflexion im pädagogischen Kontext. Forschungsberichte der Privaten Pädagogischen Hochschule der Diözese Linz. Wien, Berlin, Münster: LIT (Austria: Forschung und Wissenschaft: Erziehungswissenschaft, 19), S. 7–8.
- Weyland, Ulrike (2014): Schulische Praxisphasen im Studium: Professionalisierende oder deprofessionalisierende Wirkung. Fachhochschule Bielefeld (bwp@Beruf- und Wirtschaftspädagogik - online, Profil 3). Online verfügbar unter: [http://www.bwpat.de/profil3/weyland\\_pro-fil3.pdf](http://www.bwpat.de/profil3/weyland_pro-fil3.pdf), zuletzt geprüft am 04.09.2017.
- Wilde, Matthias; Bätz, Katrin; Kovaleva, Anastassiya; Urhahne, Detlef (2009): Überprüfung einer Kurzskaala intrinsischer Motivation (KIM). In: ZfDN 15, S. 31–45.
- Wyss, Corinne (2008): Zur Reflexionsfähigkeit und -praxis der Lehrperson. In: Bildungsforschung 5 (2), S. 1–15.
- Zimmermann, Monika; Welzel, Manuela (2008): Reflexionskompetenz - ein Schlüssel zur naturwissenschaftlichen Frühförderkompetenz (NFFK). In: Perspektiven zur pädagogischen Professionalisierung: Aspekte zur Elementarbildung II 37 (74), S. 29–36.

Christiane Richter  
Michael Komorek

Physik-Didaktik Universität Oldenburg  
Physik-Didaktik Universität Oldenburg

## Lehrerbildung im Dreiklang – Das Projekt SchAU

*„Es ist wichtig, angehende Lehrkräfte bereits an den Hochschulen optimal auf ihren Beruf vorzubereiten. Sie sollen Kompetenzen entwickeln, die ihnen später im Klassenzimmer helfen, wirksam zu unterrichten.“ (BMBF, 2015, S.3)*

Die Qualität der Lehrerbildung in Deutschland steht in den letzten Jahren verstärkt im Fokus, wenn es um Wege zur Verbesserung von Unterrichtsqualität geht. Lehrerbildung stellt mittlerweile einen der zentralen Aspekte des deutschen Bildungssystems dar. Als viel entscheidender für die Realisierung qualitativ hochwertigen Unterrichts als Rahmenbedingungen von Schule wie Räume, Geld, Struktur von Curricula wird derzeit gesehen, dass Lehrkräfte die „verantwortlichen Akteure für die zukünftig besseren Leistungen der Schüler“ (Meier, 2015, S.12) sind. Hattie (2012, S. 22) bezeichnet Lehrkräfte als „major players in the education process“. Baumert (2007, S. 15) kritisiert jedoch, dass die universitäre Phase der Lehrerbildung nicht befriedigend an die notwendigen Kompetenzen im Lehrerberuf angepasst ist. Insbesondere stellt die Verzahnung von theoretischen Wissens Elementen und Praxiserfahrungen noch einen Schwachpunkt dar und es stellt sich die Frage, wie Elemente der Praxis in der Ausbildung angehender Lehrkräfte effektiv mit weiteren Elementen verzahnt werden können. Auch Befragungen von Studierenden verdeutlichen die Unzufriedenheit aufgrund mangelnden Praxisbezugs und fehlender Theorie-Praxis-Integration im Lehramtsstudium (vgl. Makrinus 2013, S.14).

Im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung sucht in Oldenburg das Projekt OLE<sup>+</sup>, die Strukturen und Curricula in der Lehrerbildung und den Theorie-Praxis-Bezug zu optimieren (vgl. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 2015). Es soll die Professionalisierung angehender Lehrkräfte u. a. dadurch verbessert werden, dass insbesondere so genannte Theorie-Praxis-Räume in die Lehrerbildung implementiert werden. In den naturwissenschaftlichen Fächern sind dies die Lehr-Lern-Labore (LLL) bzw. Schülerlabore.

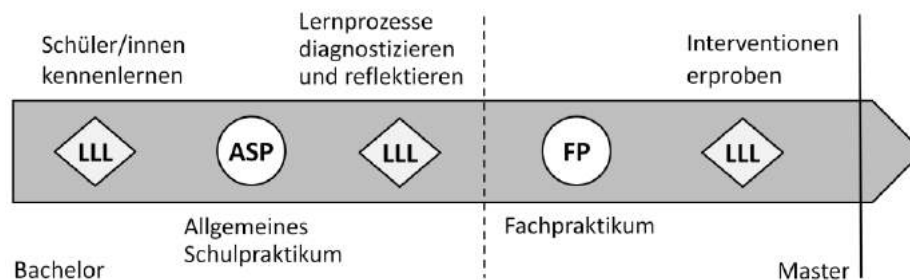


Abb. 1 Geplante und teilweise umgesetzte Positionierung von Lehr-Lern-Labor-Aktivitäten innerhalb des naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiums

Generell ist hier mittelfristig geplant, Lehr-Lern-Labor-Aktivitäten an verschiedenen Stellen des Curriculums fest zu verankern (vgl. Abb. 1). Dies wird jeweils mit spezifischen Aufgaben erfolgen; in einer frühen Phase mit dem Ziel des ersten Kontakts zu Schüler/innen und deren Denkwelt; in der späten Bachelorphase mit der Absicht, dass Studierende lernen, Denk- und

Lernprozesse von Schülerinnen systematisch zu diagnostizieren und ihr Lehrverhalten daraufhin anzupassen. Im Master ergibt sich die Funktion, in Lehr-Lern-Laboren eigene Interventionen auf deren Effekte hin zu untersuchen. Abb. 1 stellt diese Positionen der Lehr-Lern-Labore im Zusammenhang mit Praxisphasen in der Schule dar. Derzeit ist diese Struktur erst punktuell realisiert.

### **Das Projekt SchAU**

Eine Aktivität in OLE<sup>+</sup> ist in den Fächern Physik und Chemie das Teilprojekt SchAU (Schule – außerschulischer Lernort – Universität); ein Projekt, das Studierende bereits zu Beginn ihres Studiums an Schule und Schüler/innen heranzuführt und Lehr-Lern-Labore und außerschulische Lernorte mit einbindet. Das Ziel des Projekts SchAU ist, sich als Studierende in die Denkwelt von Schüler/innen hineinzuversetzen, sie an dem ihnen vertrauten Ort, der Schule, kennenzulernen, um dann gemeinsam außerschulische Lernorte zu entdecken und zu gestalten. In den Lehramts-Studiengängen Physik bzw. Chemie an der Universität Oldenburg steht der Dreischritt Schule – außerschulischer Lernort – universitäres Lehr-Lern-Labor den meisten der Studierenden offen. Sie haben die Möglichkeit, früh in ihrem Studium den Kontakt zu Schüler/innen aufzubauen, mit ihnen gemeinsam kontextorientierte Aufgaben z. B. zur Physik der Küste zu formulieren und diese dann an außerschulischen Lernorten und im Lehr-Lern-Labor gemeinsam zu bearbeiten, aber auch die Pflicht, die Besuche konkret vor- und nachzubereiten und zu reflektieren. Ein Küstenmuseum, ein Nationalparkhaus, ein Industriemuseum und vier Schulen sind Partner im Projekt. SchAU ist zweimal realisiert und wissenschaftlich begleitet worden.

Dreh- und Angelpunkt bei SchAU ist das Begleitseminar zum „Orientierungspraktikum“, in das der Besuch eines außerschulischen Lernorts und eines universitären Schülerlabors eingebettet sind. Generell soll das Orientierungspraktikum Studierenden Einblicke in Berufe oder außerschulische Lernorte geben, die einen Bezug zu ihren beiden Fächern haben. Vom Studienverlaufsplan her ist die Begleitveranstaltung im zweiten Semester des Bachelor angesiedelt. Das Orientierungspraktikum findet nach Wahl der Studierenden meist in der vorlesungsfreien Zeit nach dem ersten Studienjahr statt.

Zur Förderung einer systematischen Verzahnung von Theorie und Praxis wird bei SchAU das physikdidaktische Lehr-Lern-Labor „physiXS“ als Ort des Kontakts zwischen Lehramtsstudierenden und Schüler/innen und gleichzeitig als außerschulischer Lernort für die Schüler/innen genutzt; im Fach Chemie ist es entsprechend das Lehr-Lern-Labor „Chemol“. SchAU soll dauerhaft in die Lehrerbildung implementiert werden. Um Erkenntnisse aus dem ersten Ablauf für weitere zu gewinnen, ist SchAU im Sommersemester 2017 wissenschaftlich und evaluiert worden (Schneuing, 2017). SchAU verlief wie folgt:

- Eine Einführungsveranstaltung informierte über Ziele, Rollenverteilungen und Abläufe im Begleitseminar sowie über die Erwartungen an alle Beteiligten.
- Die Studierenden besuchten die mitwirkenden Schulen, den „Ort der Schüler/innen“, an dem sich die Schüler/Innen gut auskennen und in ihrer vertrauten Umgebung sind. Dort hospitierten die Studierenden Unterricht und erarbeiten mit Kleingruppen von Schüler/innen (Jahrgang abhängig vom fachlichen Inhalt) in einem vorgegebenen Problemkontext bestimmte Aufgabenstellungen, die später zu lösen sein sollten.
- Die Studierenden besuchten zusammen mit den Schüler/innen einen außerschulischen Lernort, der mit der gewählten Aufgabenstellung zu tun hat und zu deren Lösung beitragen soll. Dort leiteten sie Schüler/innen in Kleingruppen an. Der außerschulische Lernort war ein Ort, der Schüler/innen und Studierenden gleichermaßen unvertraut war, wo also beide Akteursgruppen Lernende bzgl. dieses Ortes waren.

- Die Schüler/Innen besuchten die Lehr-Lern-Labore physiXS bzw. CHEMOL, die „Orte der Studierenden“, an denen sie sich auskennen, was z.B. die Ausstattung angeht, und an denen sie für die Schüler/innen etwas vorbereitet hatten. Dort wurden die Schüler/innen beim Experimentieren an Stationen angeleitet. Die Experimente sollten geeignet sein, den Schüler/innen beim Bearbeiten ihrer Aufgaben weiterzuhelfen.
- Eine Reflexionssitzung schloss die Veranstaltung ab und sollte bei der Einordnung des Seminars in den Studienverlauf helfen.

### **Auswertung**

Die Integration eines außerschulischen Lernorts und eines Schülerlabors in eine Lernsequenz ist ein komplexes Unterfangen. Es ist den meisten der beteiligten Studierenden aber tatsächlich gelungen, sich mit dieser Aufgabenstellung zu identifizieren und sich auf die Herausforderungen einzulassen. Organisatorisch musste zwar nachgebessert werden, aber viele der gefundenen Probleme wurden im zweiten Durchgang im Sommersemester 2018 behoben.

Die positiven Aspekte des Projekts, das gemeinsame Agieren mit Schüler/innen, das Übernehmen von Verantwortung für eine Lerngruppe und deren Lernerfolg, die Planung eines längerfristigen Prozesses, der über mehrere Stationen geht... Dies waren Erfahrungen, die die Studierenden als sinnvoll und weiterführend wahrgenommen haben und die weitgehend bewältigt worden sind, obwohl die meisten Studierenden noch sehr am Anfang ihrer Professionalisierung standen. Das besondere Kennzeichen von SchAU, die Anbahnung eines reflektierten Lehrerhandelns, indem Studierende ihr eigenes Handeln und dessen Begründung durchgängig hinterfragen, schildern und kritisieren, wurde ebenfalls positiv beurteilt. Studierende konnten Schwachstellen des Projekts identifizieren sowie Verbesserungsideen formulieren und so Reflexionskompetenz aufbauen.

Das Feedback der beteiligten Studierenden war entsprechend positiv. Das Modul bietet in seiner Konzeption wesentliche Elemente, die Studierende von einem praxisnahen Modul erwarten und es umfasst „genug“ Theorieelemente, die aus Sicht der Hochschule notwendig sind, um die Wissenschaftlichkeit eines Lehramtsstudiums zu begründen. Auch die beteiligten Schulen waren positiv in ihren Rückmeldungen; es besteht in allen Fällen der Wunsch nach einer Verstetigung des Projekts. SchAU war trotz bestimmter organisatorischer Schwierigkeiten in dem Sinne erfolgreich, dass Studierende die Möglichkeit hatten, sich selbst in der Doppelrolle als Lehrende, aber auch als Lernende wahrzunehmen und zwar ohne den Druck einer Klassenraumsituation. Die beteiligten Lehrkräfte und Schulen haben das Angebot nutzen können, um naturwissenschaftliche Zusatzangebote zu realisieren und sich dabei für die Wege der Individualisierung und Problemorientierung zu sensibilisieren. Dies alles ist Anlass genug, SchAU fortlaufend in die Lehrerbildung zu implementieren.

Auch im Hinblick auf ein Beratungskonzept für Lehramtsstudierende bieten sich gute Ansatzpunkte. Zu beobachten, wie Studierende in den Gruppen mit den Schüler/innen agieren, ist die Grundlage für weiterführende individuelle Beratungen.

### **Folgerung**

Die Übertragung der Projektstruktur auf andere Schulfächer bzw. Studienfächer besteht aus mehreren Schritten: Mit Studierenden an Schulen gehen und dort in Kleingruppen Problemstellungen bearbeiten; diese an außerschulischen Lernorten vertiefen; und die Aufgabenstellung im dritten Projektteil im Lehr-Lern-Labor an der Universität durch Experimente oder besondere Methoden wie Rollenspiele, besondere Prästationen o.ä. bearbeiten. Dies sollte in jedem Fach funktionieren. Einen Versuch ist es wert.

### Literatur

- Baumert, J., 2007. „Beitrag zur Podiumsdiskussion "Neue Wege in der Lehrerbildung – staatliche und universitäre Verantwortlichkeiten“ In Professionell lehren - erfolgreich lernen, von D. Lemmermöhle, M. Rothgangel, S. Bögeholz, M. Hasselhorn und R. Watermann, 23-50. Münster: Waxmann.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2015. „bmbf“ Vom Hörsaal ins Klassenzimmer. Eine Qualitätsoffensive bringt die Lehrerbildung voran. August. Zugriff am 6. Mai 2017. [https://www.bmbf.de/pub/Vom\\_Hoersaal\\_ins\\_Klassenzimmer.pdf](https://www.bmbf.de/pub/Vom_Hoersaal_ins_Klassenzimmer.pdf).
- Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg. 2015. „uni-oldenburg.“ OLE+. Letzter Zugriff am 7. Mai 2017 [https://www.unioldenburg.de/fileadmin/user\\_upload/lehre/OLE/PRAESENTATION\\_OLE\\_20.09.pdf](https://www.unioldenburg.de/fileadmin/user_upload/lehre/OLE/PRAESENTATION_OLE_20.09.pdf)
- Dohrmann, R. & Nordmeier, V. 2016. Lehr-Lern-Labore (LLL) als Orte komplexitätsreduzierter Praxis: Erste Professionalisierungsschritte im Lehramtsstudium Physik. Tagung, Hannover: Didaktik der Physik.
- Hattie, J., 2012. Visible Learning for teachers. Maximizing impact on learning. London: Routledge.
- Makrinus, L., 2013. Der Wunsch nach mehr Praxis - Zur Bedeutung von Praxisphasen im Lehramtsstudium. Wiesbaden: Springer.
- Mayring, P., 2002. Einführung in die Qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Meier, S., 2015. Kompetenzen von Lehrkräften. Münster: Waxmann.
- Meyer, B. E. 2010. Zur Professionalisierung durch Schulpraktika. Hohengehren, Baltmannsweiler: Schneider Verlag.
- Oser, F., Curcio G.-P. & Düttgen, a., 2007. „Kompetenzmessung in der Lehrerbildung als Notwendigkeit - Fragen und Zugänge.“ Beiträge zur Lehrerbildung, 14-26.
- Schneuing, K. (2017): Masterarbeit zum Thema: „Untersuchung der Reflexionskompetenz bei Lehramtsstudierenden ohne schulpraktische Erfahrungen - Eine prozessorientierte Begleitforschung von Lehramtsstudierenden des Faches Physik im Rahmen des Projekts OLE+ zur Verbesserung der Lehrerbildung an der Universität Oldenburg“
- Smoor, S. Promotionsvorhaben, 2017
- Wanka, J., 2016. Vorwort zur Broschüre: Bundesministerium für Bildung und Forschung . 2016. „Den Praxisbezug im Lehramtsstudium verbessern. "Neue Wege in der Lehrerbildung



## Adaptive Leistungsmessung naturwissenschaftlichen Denkens

### Projektvorstellung

Das Projekt ValiDiS (Validierungsstudie zum wissenschaftlichen Denken im naturwissenschaftlichen Studium; Kompetenzmodellierung und -erfassung) ist der Nachfolger des Projekts Ko-WADiS (Hartmann et al., 2015). In Ko-WADiS wurde ein Multiple-Choice Leistungstest entwickelt, um die Kompetenz naturwissenschaftlichen Denkens bei Studierenden der Naturwissenschaften zu messen (Straube, 2016). Diese Kompetenz lässt sich im Bereich *Erkenntnisgewinnung* verorten und wurde nach Modellen von Mayer (2007) sowie Upmeyer zu Belzen und Krüger (2010) operationalisiert.

Die Validierung des Testeinsatzes sowie die Fortsetzung von begonnenen Längsschnittstudien im BA/MA-Lehramtsstudium ist Ziel von ValiDiS. Die bisher gewonnenen Daten (N = 8500) sind vielversprechend: In Längsschnitt-, Querschnitts-, Interventionsstudien sowie in Studien zu realen Untersuchungshandlungen konnten hypothesenkonforme Beobachtungen gemacht werden. Es liegen jedoch bisher nur vorläufige Ergebnisse vor (Straube, 2016).

Ein möglicher Problembereich liegt in dem, was im Folgenden als (zeitliche) Ökonomie bezeichnet wird: Die erreichte Messgenauigkeit in Bezug zur nötigen Testzeit. Die EAP/PV-Reliabilität liegt im bisherigen Datensatz bei 0.55<sup>1</sup>, die Testzeit beträgt zwischen 35 und 40 Minuten. Auch wenn für Forschungszwecke akzeptabel, ist der Zeitaufwand damit für den später angestrebten Einsatz in der Evaluation von Interventionen und Lehrveranstaltungen zu hoch. Die Steigerung der (zeitlichen) Ökonomie ist also für die spätere Weiterverwendung des Instruments anzustreben. Eine Möglichkeit hierfür stellen adaptive Testverfahren dar.

### Adaptive Testverfahren – Theorie

Adaptive Testverfahren passen sich an einzelne Proband\*innen an. Während der Testanwendung wird, nachdem erste Items bearbeitet wurden, die Fähigkeit des/der Probanden/in individuell von einem Algorithmus geschätzt. Dies geschieht auf der Grundlage zuvor festgesetzter Item-Kennwerte und den bisher gegebenen Antworten. Die geschätzte Personenfähigkeit wird verwendet, um im Folgenden optimal zu den jeweiligen Proband\*innen passende Aufgaben auszuwählen (Frey 2012; SARI et al., 2016).

Durch mehrfache Wiederholung dieses Vorgangs kann der Test die Schätzung und Item-Auswahl verfeinern und somit adaptiv auf den/die einzelne/n Probanden/in reagieren. Vergleichende Studien zeigen, dass adaptive Testverfahren gegenüber linearen Instrumenten (klassische Papiertests, auch FIT für *Fixed-Item-Test* genannt) die Ökonomie deutlich erhöhen können (vgl. z.B. Weiss, 1982). Sie sind dafür aufwändiger in der Erstellung und Wartung.

Wie häufig die erwähnte Schätzung durchgeführt wird, ist von Test zu Test unterschiedlich. „Echte“ computeradaptive Tests (CATs) führen sie nach jeder Aufgabe durch. Demgegenüber gibt es aber auch Multistage-Tests (MST) (Hendrickson, 2007). Hier werden die Schätzungen immer zwischen Blöcken aus Aufgaben durchgeführt. Die einzelnen Blöcke werden so konstruiert, dass sie Aufgaben bestimmter Schwierigkeiten aus allen

<sup>1</sup> Anm.: Dieser Wert gemäß den üblichen ‚Faustregeln‘ zwar als schlecht einzuordnen, ordnet sich aber in die Ergebnisse anderer Kompetenztests im Bereich *Erkenntnisgewinnung* ein (vgl. Wellnitz 2012; Woitkowski 2015).

Inhaltsbereichen abdecken (Abb. 1). Sie fungieren also als eine Auswahl verschieden schwerer Kurzversionen des gesamten Instruments.

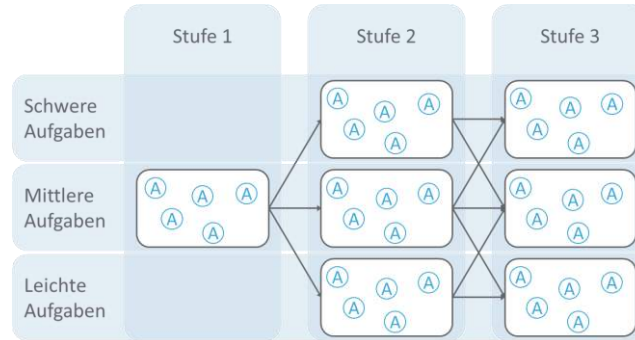


Abbildung 1: Multistage-Test im 1-3-3 Format

### Adaptive Testverfahren – Umsetzung

Aus vor allem praktischen Gründen (Abwägungen zu Aufwand und verfügbaren Ressourcen) wurde sich im vorliegenden Fall für die Entwicklung eines MST entschieden. Die grundlegende Teststruktur, der Testalgorithmus sowie die notwendige Weboberfläche wurden bereits erstellt und in einer technischen Erprobung im Frühjahr 2018 erfolgreich getestet. In einem nächsten Schritt ist nun die psychometrische Evaluation der Umsetzung erforderlich.

Es stellte sich hierbei zunächst die Frage, welche Struktur zu wählen ist (wie viele Stufen und Schwierigkeits Ebenen). Für den Vergleich unterschiedlicher Strukturen wäre eine große Anzahl an Proband\*innen nötig<sup>2</sup>. Da diese nicht verfügbar waren, wurden als vorläufige Evaluationsmethode Simulationen herangezogen. Auf Grundlage der bereits gewonnenen Daten wurde für verschiedene Strukturen geprüft, welchen Pfad die Befragten jeweils gewählt hätten.

Die Grundidee dieses Verfahrens ist unkompliziert: Die MST-Strukturen mit Aufgabenblöcken und Testalgorithmen wurden wie in Realstudien erstellt. Anstelle von einer wirklichen Bearbeitung durch die Probanden\*innen wurde jedoch für jede vorgelegte Aufgabe eine Antwort aus einer Antwortmatrix ausgelesen.

Da diese Matrix vollständig sein musste (es musste allen Proband\*innen jede Aufgabe „vorgelegt“ werden können), wurde der unvollständige Datensatz ( $N = 8500$ , ~75% missing by Design) aus der Ko-WADiS-Längsschnittstudie mittels eines zweiparametrischen IRT-Modells imputiert. Die Verteilung der Personenfähigkeiten wurde hierbei mit plausible values reproduziert.

Abbildung 2 zeigt die erreichten EAP/PV-Reliabilitäten eines simulierten klassischen Tests (FIT) sowie drei verschiedener MST Versionen. Dabei wurden für jeden dieser Tests auch verschiedene Gesamtlängen geprüft.

Es konnte gezeigt werden, dass die Simulationen die EAP/PV Reliabilitäten systematisch um 0.02 überschätzen. Als Güteprüfung der Ergebnisse wurden zudem die bisher in echten Studien eingesetzten Testhefte ebenfalls simuliert. Die in Wirklichkeit erreichten Reliabilitäten der einzelnen Hefte konnten dabei mit Abweichungen <1% reproduziert werden.

<sup>2</sup> Für die von anderen Daten unabhängige Auswertung eines Tests durch IRT-Modelle sollte jedes Item mindestens 100 Mal bearbeitet werden. Somit würden für jeden Schwierigkeitsbereich einer jeden Struktur mindestens 100 Proband\*innen benötigt.

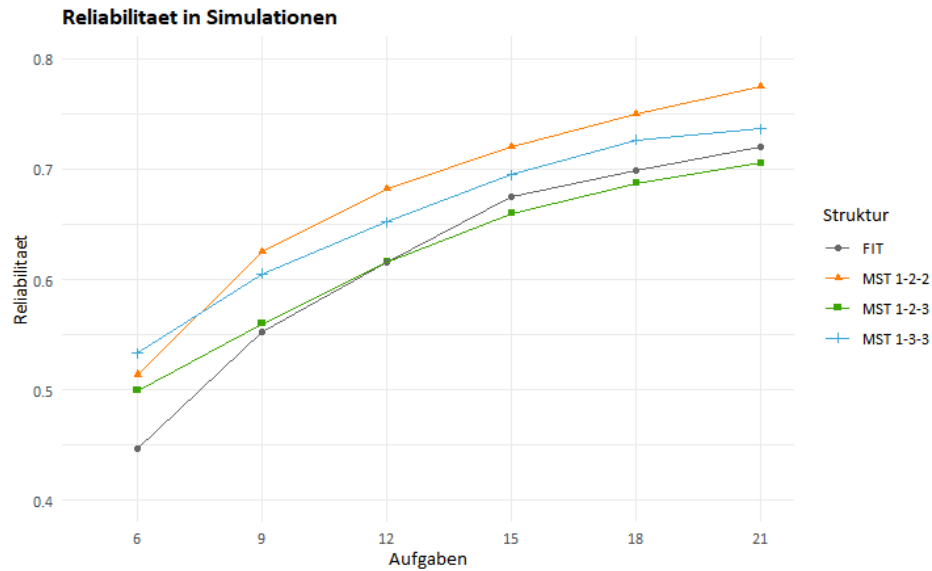


Abbildung 2: Simulationsergebnisse zum Vergleich unterschiedlicher Testversionen

Zusammengefasst konnte durch die Zusammenstellung eines optimierten Testheftes im Vergleich zu den bisherigen Versionen die erwartete Messgenauigkeit um 27% gesteigert werden. Es wird erwartet, dass eine Umsetzung als MST im 1-2-2 Design mit 15 Aufgaben Gesamtestlänge dieselbe Genauigkeit erreichen kann. Das stellt eine zusätzliche Reduzierung der Testlänge um 28% dar.

#### Ausblick

Zunächst sind noch weitere Simulationen vorgesehen, um die adaptive Testversion weiter zu optimieren. Die einzelnen Aufgabenblöcke sind im Sinne von Miniatur-Testheften auf ihre jeweilige Güte zu untersuchen. Vorgesehen sind Analysen der Testinformationskurven, der internen Konsistenz sowie der lokalen stochastischen Unabhängigkeit innerhalb der Blöcke. Daneben ist zu untersuchen, ob ein Überlappen der Schwierigkeitsebenen des Tests im Vergleich zu einer klaren Grenze Vor- oder Nachteile bietet. Dies soll bis Ende 2018 geschehen sein.

Für 2019, beginnend im Wintersemester 2018/19, ist dann eine Pilotierung mit realen Proband\*innen vorgesehen. Die Zielgruppe sind hier Studierende der Naturwissenschaften in allen Fähigkeitsbereichen. Als Stichprobengröße wird  $N = 500$  angestrebt.

## Literatur

- Frey, Andreas (2012): Adaptives Testen. In: Helfried Moosbrugger und Augustin Kelava (Hg.): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. Berlin/Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 275–293.
- Hartmann, Stefan; Mathesius, Sabrina; Stiller, Jurik; Straube, Philipp; Krüger, Dirk; Upmeier zu Belzen, Annette (2015): Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Teil des Professionswissens zukünftiger Lehrkräfte: Das Projekt Ko-WADiS. In: Koch-Priewe, Anne Köker, Jürgen Seifried und Eveleine Wuttke (Hg.): Kompetenzerwerb an Hochschulen: Modellierung und Messung. Zur Professionalisierung angehender Lehrerinnen und Lehrer sowie frühpädagogischer Fachkräfte. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 39–58, zuletzt geprüft am 10.03.2016.
- Hendrickson, Amy (2007): An NCME Instructional Module on Multistage Testing. In: *Educational Measurement: Issues and Practice* 26 (2). Online verfügbar unter <http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1111/j.1745-3992.2007.00093.x/asset/j.1745-3992.2007.00093.x.pdf?v=1&t=j63j9ui7&s=dc089570fc06bbf1a511a6a118ac93bf691861d9>, zuletzt geprüft am 08.08.2017.
- Mayer, Jürgen (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: Dirk Krüger und Helmut Vogt (Hg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch), zuletzt geprüft am 26.09.2017.
- SARI, Halil Ibrahim; YAHSI-SARI, Hasibe; Corinne HUGGINS-MANLEY, Anne (2016): Computer Adaptive Multistage Testing. Practical Issues, Challenges and Principles. In: *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, S. 388. DOI: 10.21031/epod.280183.
- Straube, Philipp (2016): Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-)Studierenden im Fach Physik. Berlin: Logos (Studien zum Physik. und Chemielernen, 209), zuletzt geprüft am 30.08.2016.
- Upmeier zu Belzen, Annette; Krüger, Dirk (2010): Modellkompetenz im Biologieunterricht. Model competence in biology teaching. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 16, S. 41–58, zuletzt geprüft am 10.03.2016.
- Weiss, David J. (1982): Improving Measurement Quality and Efficiency with Adaptive Testing. In: *Applied Psychological Measurement* 6 (4), S. 473–492. DOI: 10.1177/014662168200600408.

## Entscheidungstagebuch Bewertungskompetenz individuell fördern

### Forschungsdesiderat und Forschungsfrage

Ein naturwissenschaftlich grundgebildeter Mensch soll nach der OECD (2001, S. 26) in der Lage sein „[...] *naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen* [...]“. Diese Definition weist eine Schnittmenge mit dem Begriff der Bewertungskompetenz auf. Denn in den nationalen Bildungsstandards wird unter dem Kompetenzbereich „Bewertung“ die Fähigkeit verstanden „*chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten*“ zu können (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005, S.7). Unter dem Kompetenzbereich „Bewertung“ subsumieren sich jedoch diverse Teilkompetenzen, die mit dem Verb „bewerten“ assoziiert werden können (Hostenbach, 2011). Durch dieses sehr weit gefasste Verständnis haben sich in der fachdidaktischen Forschung unterschiedliche Definitionen entwickelt (Dittmer, Gebhard, Höttecke, & Menthe, 2016; Eggert & Bögeholz, 2006; Eilks u. a., 2011; Reitschert & Hößle, 2007). Sander (2017) definiert die Bewertungskompetenz neben der Fähigkeit zur „*gesellschaftlichen Teilhabe*“ (Eilks u. a., 2011, S.7) als die Fähigkeit, die „*das Treffen von Entscheidungen der persönlichen Lebensführung*“ (Sander, 2017, S.10) ermöglicht. So ergibt sich aus der Schnittmenge der Definition der naturwissenschaftlichen Grundbildung und des Bewertungskompetenzbegriffs die Anforderung, Lernende dazu zu befähigen, naturwissenschaftliche Entscheidungssituationen in ihrem Alltag zu erkennen und sie handlungsfähig beim Treffen von naturwissenschaftlich reflektierten Entscheidungen zu machen. Doch gerade bei Entscheidungssituationen mit schülernahen Kontexten verwenden Lernende selten naturwissenschaftliche Entscheidungsstrategien, sondern nutzen bereits habitualisierte Entscheidungsstrategien (Düker & Menthe, 2017; Menthe, 2006; Sander, 2017). Diese sind ein Produkt der Sozialisationsgeschichte (Bourdieu, 2017) und erweisen sich meist als tragfähig im Alltag. Hieraus leitet sich die Hypothese ab, dass Lernende beim Treffen von persönlichen Entscheidungen in ihrem Alltag, in denen chemisches Wissen notwendig ist, kein chemisches Fachwissen nutzen. Damit Lehrende fruchtbare Lernprozesse zur Bewertungskompetenz mit schülernahen Kontexten initiieren können, muss der „*conceptual change Theorie*“ (Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982) entsprechend eine Unzufriedenheit mit bestehenden Entscheidungsstrategien bzw. „*Irritation*“ (Bähr, Ingrid u. a., 2016) vorliegen, damit sich das neue Wissen als nützlich erweisen kann. Erst dann erscheinen neue Entscheidungskriterien als wertvoll und können in die bisherigen Entscheidungsstrategien integriert werden. Daher besteht die Motivation, ein Diagnoseinstrument für Lehrende zu entwickeln, das Unzufriedenheit in Alltagsentscheidungen bei Lernenden transparent macht, um diese für den Unterricht greifbar zu machen. Aus diesem Forschungsdesiderat leitet sich demnach die Forschungsfrage ab: Inwiefern eignet sich das Entscheidungstagebuch als Diagnoseinstrument, um fruchtbare Lernprozesse zur Bewertungskompetenz im Sinne der „*conceptual change Theorie*“ (Posner u. a., 1982) zu initiieren? Zur Klärung der Forschungsfrage wurden bisher folgende Untersuchungsfragen betrachtet:

- Wie bearbeiten Lernende die Aufgabenstellung?
- Handelt es sich bei dem Entscheidungstagebucheintrag um eine Entscheidungssituation?
- Wie komplex wird die eigene Entscheidungssituation wahrgenommen?

### Das Diagnoseinstrument

Das Diagnoseinstrument „fotografisches“ Entscheidungstagebuch besteht aus einer Aufgabe, die sich aus fünf operationalisierten Teilaufgaben (s. Abb.1) zusammensetzt. Durch die erste Teilaufgabe werden Lernende dazu angeregt, alltägliche Situationen mit chemischer Relevanz zu identifizieren. Dabei müssen diese nach der Identifikation reflektieren, ob es sich um eine Entscheidungssituation handelt und ob diese für sie persönlich motivierend sind. Zur Bewältigung der Aufgabenstellung bedarf es neben kommunikativen Kompetenzen auch der Medienkompetenz. Um entsprechend individueller Förderung Lernenden mit Defiziten in diesen Bereichen entgegenzukommen, wurde zudem ein „zeichnerisches“ Entscheidungstagebuch entwickelt. Die Aufgabenstellung wurde so angepasst, dass statt Fotografien Zeichnungen angefertigt werden können. Des Weiteren werden zur Unterstützung bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung Satzanfänge im Sinne des „scaffolding“ (Gibbons, 2015) gegeben.

#### Projekt: Dein fotografisches Entscheidungstagebuch

**1. Fotografiere Situationen** (min. 2) aus deinem **Alltag**, in denen du gerne Hilfe aus der Chemie hättest, um eine **persönliche Entscheidung zu treffen**.

**2. Beschreibe kurz**, was dein Foto zeigt.

**3. Nenne** deine Frage.

**4. Begründe**, wieso dir die Frage wichtig ist.

**5. Schick** die Bilder mit deinem Code per E-Mail an: \_\_\_\_\_

**Beachte, dass die Entscheidung eine chemische Bedeutung haben soll!**

Abbildung 1: Aufgabenstellung des "fotografischen" Entscheidungstagebuchs

### Forschungsdesign

Das Entscheidungstagebuch dient nicht nur als Medium, um Kommunikationsanlässe zur individuellen Kompetenzentwicklung im Unterricht zu schaffen, sondern auch als Methode zur Datenerhebung. Es erfüllt somit eine Doppelfunktion. Um herauszufinden, ob sich das Entscheidungstagebuch als Diagnoseinstrument eignet, um fruchtbare Lernprozesse zur Bewertungskompetenz im Sinne der „*conceptual change Theorie*“ (Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982) zu initiieren, werden neben dem Entscheidungstagebuch, noch offene Fragebögen und leitfadengestützte Interviews mit den Probanden erhoben. Neben dieser Methodentriangulation (Lamnek, 2010) werden die leitfadengestützten Interviews mit Theorien aus der Entscheidungspsychologie (Pfister, Jungermann, & Fischer, 2017), Motivationspsychologie (Heckhausen & Rheinberg, 1980) und Soziologie (Bourdieu, 2017) trianguliert (Lamnek, 2010). Die Auswahl der Probanden erfolgte im Sinne individueller Förderung anhand des pragmatisch leistungsentwickelnden Inklusionsbegriffs (Piezunka, Schaffus, & Grosche, 2017), indem die kognitive Leistungsfähigkeit als Differenzlinie herangezogen wird. Neben der kognitiven Leistungsfähigkeit sollen unterschiedliche Altersstufen einbezogen werden. Alle Probanden (n=53) nehmen auf freiwilliger Basis an der Studie teil. Pro Probandengruppe wurden jeweils drei Lernende nach Art der Bearbeitung des Entscheidungstagebuchs und Einschätzung der Leistungsfähigkeit durch die Lehrkraft für Interviews (n=9) ausgewählt.

### Ergebnisse

Die Auswertung der Datenerhebung ist noch nicht vollständig abgeschlossen, es erfolgt eine kurze Darstellung der Ergebnisse zur Auswertung der Entscheidungstagebücher und der

Interviews. Die Schwerpunkte der Analyse liegen auf der Aufgabenstellung und den gewählten Entscheidungssituationen sowie der dahinterliegenden Motivation.

#### *Auswertung der Entscheidungstagebücher*

Zur Klärung der Forschungsfrage muss zunächst die Untersuchungsfrage betrachtet werden, wie Lernende die Aufgabenstellung bearbeiten. Die Auswertung dieser Untersuchungsfrage erfolgte mit Hilfe induktiver Kategorienbildung nach Mayring (2015). Es wurden drei Kategorien bei der Bearbeitung ermittelt: Die der *Informationsebene*, in der die Lernenden Sachinformationsfragen stellen und aus dem Beitrag nicht hervorgeht, ob sich eine Entscheidungssituation anschließt. Die der *Entscheidungsebene*, in der die Lernenden konkrete Optionen nennen zwischen denen entschieden werden soll und der *Bewertungsebene*, in der verschiedene Optionen anhand eines spezifischen Aspekts, wie z.B. Gesundheitsförderlichkeit, verglichen werden sollen.

*Tabelle 1: Anzahl der gewählten Bearbeitungsebene je Entscheidungstagebucheintrag*

| Kategorie | Informationsebene | Entscheidungsebene | Bewertungsebene |
|-----------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Anzahl    | 63                | 34                 | 39              |

Wie in *Tabelle 1* zu erkennen ist, verwenden Lernende zum Großteil bei den Entscheidungstagebucheinträgen die Informationsebene. Dies wirft die Frage auf, ob Lernende eigenständig die Bedeutung von chemischem Wissen für Entscheidungssituationen in ihrem Alltag erkennen oder ob Informationen eingeholt werden, hinter denen sich eine Entscheidungssituation verbirgt.

#### *Auswertung der Interviews*

Um zu klären, ob es sich bei den eingereichten Entscheidungstagebucheinträgen um Entscheidungssituationen handelt, wurden aus neun Interviews mit 23 Entscheidungstagebucheinträgen die Kategorien *offene Entscheidungssituation* (14), *abgeschlossene Entscheidung* (6), *keine eigene Entscheidung* (2) und *Informationsfrage* (1) induktiv (Mayring, 2015) gebildet. Zum Großteil handelt es somit um offene Entscheidungssituationen, in denen Lernende noch bereit für neue Optionen bzw. Entscheidungskriterien sind. Als zweithäufigste Kategorie treten abgeschlossene Entscheidungen auf, in denen Lernende bereits eine Entscheidung anhand habitualisierter Entscheidungsstrategien zugunsten einer Option getroffen haben und sich eine naturwissenschaftliche Begründung wünschen. Des Weiteren stellt sich die Untersuchungsfrage, wie komplex Lernende die selbstgewählten Entscheidungssituationen wahrnehmen. Die Auswertung erfolgte mit Hilfe skalierender Strukturierung nach Mayring (2015) auf Grundlage des Komplexitätsgrades von Entscheidungssituationen (vgl. Pfister u. a., 2017). Dabei zeigt sich, dass die Lernenden bei den selbstgewählten Entscheidungssituationen eine mittlere Komplexität wahrnehmen.

#### **Ausblick**

Im Rahmen der Forschungsfrage muss zunächst geklärt werden, welche Entscheidungssituationen entsprechend der „*conceptual change Theorie*“ (Posner u. a., 1982) zu einem kognitiven Konflikt führen. Zu diesem Zweck werden die Interviews mit Hilfe der „*aussagenlogischen Sequenz von Fragen und Antworten*“ nach Heckhausen & Rheinberg (1980, S.19) analysiert. Langfristig müssen diese Entscheidungssituationen für den Chemieunterricht didaktisch aufbereitet werden, um zu überprüfen, ob eine Förderung im Chemieunterricht möglich ist und wenn ja, wie die habitualisierten Entscheidungsstrategien um naturwissenschaftliche Entscheidungskriterien erweitert werden können.

## Literatur

- Bourdieu, P. (2017). *Meditationen: zur Kritik der scholastischen Vernunft*. (A. Russer, Übers.) (4. Auflage). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D., & Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im Naturwissenschaftlichen Unterricht: Theoretische Bezugspunkte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 97–108.
- Düker, P., & Menthe, J. (2017). Schülervorstellungen sind entscheidend. *Bewertungskompetenz als Bildungserfahrung, Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 28(159), 38–43.
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz - Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 177–197.
- Eilks, I., Feierabend, T., Hößle, C., Höttecke, D., Menthe, J., Mrochen, M., & Oelgeklaus, H. (Hrsg.). (2011). *Der Klimawandel vor Gericht: Materialien für den Fach- und Projektunterricht*. Hallbergmoos: Aulis.
- Gibbons, P. (2015). *Scaffolding language, scaffolding learning: teaching English language learners in the mainstream classroom* (2. Auflage). Portsmouth, NH: Heinemann.
- Heckhausen, H. & Rheinberg, F. (1980). Lernmotivation im Unterricht, erneut betrachtet. *Unterrichtswissenschaft*, 8, 7–47.
- Hostenbach, J. (2011). *Entwicklung und Prüfung eines Modells zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht*. Berlin: Logos.
- Lamnek, S. (2010). *Qualitative Sozialforschung: Lehrbuch* (5., überarbeitete Auflage). Weinheim Basel: Beltz.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarbeitete Auflage). Weinheim Basel: Beltz.
- Menche, J. (2006). Urteilen im Chemieunterricht: Eine empirische Untersuchung über den Einfluss des Chemieunterrichts auf das Urteilen von Lernenden in Alltagsfragen. Tönning: Der Andere Verlag.
- OECD. (2001). *PISA 2000 Zusammenfassung zentraler Befunde - Schülerleistungen im internationalen Vergleich*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung. Abgerufen am 06.02.2018 von <https://www.oecd.org/education/33684930.pdf>
- Pfister, H.-R., Jungermann, H. & Fischer, K. (2017). *Die Psychologie der Entscheidung: eine Einführung* (4. Auflage). Berlin Heidelberg: Springer.
- Piezunka, A., Schaffus, T. & Grosche, M. (2017). Vier Definitionen von schulischer Inklusion und ihr konsensueller Kern. *Ergebnisse von Experteninterviews mit Inklusionsforschenden*. *Unterrichtswissenschaft*, 45(4), 207–223.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- Reitschert, K. & Hößle, C. (2007). Wie Schüler ethisch bewerten: Eine qualitative Untersuchung zur Strukturierung und Ausdifferenzierung von Bewertungskompetenz in bioethischen Sachverhalten bei Schülern der Sek. I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 125–143.
- Sander, H. (2017). *Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung: Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft*. Berlin: Logos.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10): Beschluss vom 16.12.2004*. München, Neuwied: Luchterhand.



Bernadette Schorn  
 Stephan Baja (geb. Fraß)  
 Leonard Büsch  
 Heidrun Heinke

RWTH Aachen

## Einsatz von Smartpens in fachdidaktischer Forschung und Entwicklung

Smartpens eröffnen mit ihrem Funktionsumfang sowohl neue Optionen für fachdidaktische Entwicklungsarbeiten als auch den Zugang zu neuen Forschungsfragen. Dabei wird ausgenutzt, dass mit Smartpens handschriftliche Aufzeichnungen einschließlich einer synchronen Audioaufnahme als Funktion der Zeit erfasst werden können. Damit stehen die handschriftlichen Aufzeichnungen als ein digitalisiertes Schriftstück mit einer damit kombinierten Zeit- und Tonspur zur Verfügung. Dies bietet Einblicke in den Entstehungsprozess von Dokumenten, die bisher nur als Produkt analysierbar waren. In vielen Fällen liefert bereits die Analyse der Schriftdaten in Kombination mit der Zeitachse neue, bisher nicht oder nur unter großem Aufwand zu gewinnende Erkenntnisse. Zusätzliche Forschungsoptionen werden durch die Möglichkeit zugänglich, relevante Audiodaten anhand des Schriftbildes zielgenau auszuwählen, was z.B. für detaillierte, effektive Untersuchungen auch größerer Stichproben nutzbar ist. Als nützliches Werkzeug für die Diagnostik von Lernprozessen können Smartpens zudem in der Lehre sinnvoll eingesetzt werden.

### Aufbau und Funktionsweise des Smartpens

Ein Smartpen ist ein Stift, der neben einer herkömmlichen Kugelschreibermine auch eine Infrarotkamera, einen internen Speicher, einen Lautsprecher, ein Mikrofon und einen Micro-USB-Anschluss<sup>1</sup> enthält (siehe Abb. 1 (links)<sup>2,3</sup>). Mithilfe der Infrarotkamera werden handschriftliche Notizen sowohl positionsgenau als auch zeitabhängig erfasst und auf dem Stift gespeichert.

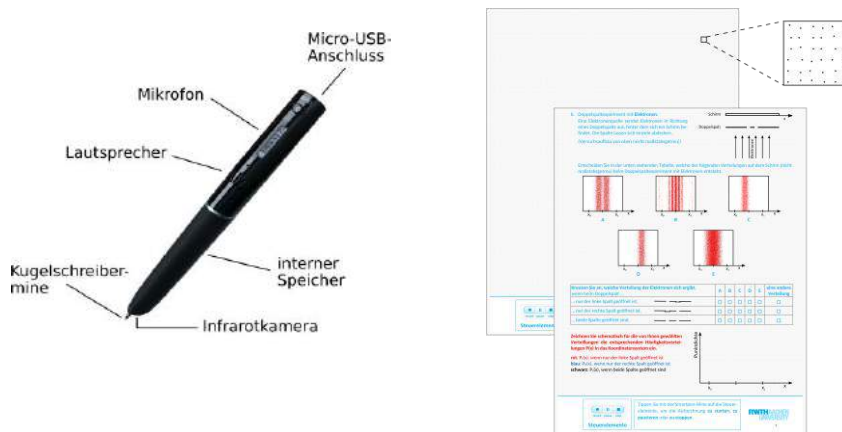


Abb. 1: links: Smartpen echo™ von Livescribe, rechts: Papier mit Punktemuster und Steuerelementen als Blankopapier oder individuell bedrucktes Papier

<sup>1</sup> Bei einigen Modellen ist eine Bluetooth-Schnittstelle vorhanden.

<sup>2</sup> <http://www.livescribe.com/site/livescribe-2/echo/>

<sup>3</sup> Quelle: in Anlehnung an [https://s.gravis.de/p/z1/livescribe-echo-smartpen-4-gb-inkl.-notebook-block-black-friday-special\\_z1.jpg](https://s.gravis.de/p/z1/livescribe-echo-smartpen-4-gb-inkl.-notebook-block-black-friday-special_z1.jpg)

Zur Aufzeichnung der handschriftlichen Notizen wird spezielles Papier benötigt, das im Hintergrund ein Punktemuster aufweist (vgl. Burjan et al. 2018, S. 31–33). Mithilfe von zusätzlich aufgedruckten Steuerelementen kann die Aufzeichnung des Schriftbildes u.a. gestartet und gestoppt werden. Das Spezialpapier ist in Form von Schreibblöcken verfügbar. Zudem besteht die Möglichkeit, selbst Papier mit dem Punktemuster und den Steuerelementen zu bedrucken, auf das dann auch weitere Elemente wie z.B. Texte oder Abbildungen aufgedruckt werden können (siehe Abb. 1 (rechts)). Damit lassen sich z.B. individuelle Arbeitsblätter, Fragebögen, Lückentexte oder auch spezielle Protokollformate erstellen (vgl. Fraß & Heinke 2017, Joußen et al. 2018). Mithilfe des Mikrofons und Lautsprechers eines Smartpens können Audioaufnahmen aufgezeichnet bzw. abgespielt werden. Über einen Micro-USB-Anschluss (oder auch versionsabhängig per Bluetooth) können die Daten auf einen Computer oder ein Tablet übertragen werden. Somit lassen sich mit Smartpens digitalisierte schriftliche Aufzeichnungen, die mit einer Zeitskala sowie einem Audiosignal verknüpft sind, gewinnen.

Entsprechend dem Untersuchungsgegenstand können bei der Auswertung drei Datentypen genutzt werden (vgl. auch Tab. 1). Der Auswertungsaufwand steigt von Typ 1 zu Typ 3; sollen Audiodaten (bei Typ 3) Berücksichtigung finden, muss ggfs. auf geeignete Rahmenbedingungen bei der Aufnahme geachtet werden.

### **Digitalisierte schriftliche Aufzeichnungen**

In fachdidaktischen Studien und/oder in Situationen in der Lehre bearbeiten Probandinnen und Probanden oder Lernende häufig fachliche Fragestellungen oder führen ein Experiment durch und erzeugen dabei handschriftliche Aufzeichnungen. Durch den Einsatz von Smartpens stehen solche Schriftstücke am Ende der Bearbeitung zum einen den Probandinnen und Probanden bzw. Lernenden in Papierform und zum anderen gleichzeitig dem Studienleiter bzw. der Lehrkraft als digitalisierte schriftliche Aufzeichnung direkt zur weiteren Nutzung zur Verfügung, ohne dass eine Digitalisierung in Form von Kopieren oder Scannen notwendig ist. Dies spart nicht nur Arbeitsaufwand, sondern verhindert auch eine ungewünschte Beeinflussung des Lernprozesses. Diese zwanglose Digitalisierung von handschriftlichen Aufzeichnungen ist völlig unabhängig von der Größe der Lern- bzw. Probandengruppen und kann z.B. für die Optimierung von Lehr-Lern-Materialien im *design-based-research* Ansatz (vgl. z.B. Wilhelm & Hopf, 2014), für Fragebogenstudien oder auch zur Diagnose von Kleingruppen-Arbeitsphasen genutzt werden (vgl. Fraß et al. 2014).

### **Digitalisiertes Schriftbild, verknüpft mit Zeitskala**

Da die digitalisierte schriftliche Aufzeichnung der Smartpens zusätzlich mit einer Zeitskala verknüpft ist, wird durch diese Daten auch der Entstehungsprozess der Aufzeichnungen zugänglich. Dieser birgt oftmals interessante Informationen z.B. über die Reihenfolge und Dauer verschiedener Arbeitsschritte bei der Bearbeitung einer Aufgabenstellung oder eines Experiments oder auch über aufgetretene, eventuell später revidierte fehlerhafte Bearbeitungsschritte. Diese in der Einfachheit ihrer Beschaffung bisher nicht zugänglichen Prozessinformationen können sowohl in fachdidaktischen Studien als auch in der Diagnostik von Lernprozessen großen Nutzen entfalten (vgl. Büsch et al. 2017).

### **Zeitabhängiges digitalisiertes Schriftbild, verknüpft mit Audiosignal**

Durch die Kombination eines zeitabhängigen digitalen Schriftbildes mit einem Audiosignal ist es möglich, aus den Tonaufnahmen weitergehende Informationen über die Prozesse zu erhalten. Dies gilt insbesondere für Situationen, in denen Probandinnen und Probanden oder Lernende in Paaren oder kleinen Gruppen zusammenarbeiten und dabei üblicherweise miteinander kommunizieren. Durch diese Kommunikation werden beispielsweise die Gründe für eine gewählte Reihenfolge von Arbeitsschritten bei der Lösung einer Aufgabe oder der Durchführung eines Experiments ebenso zugänglich wie Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von

(experimentellen) Aufgaben (vgl. Büsch & Heinke 2015). Besonders nützlich beim Erschließen dieser zusätzlichen Prozessinformationen ist der Umstand, dass die Smartpen-Software auf einfache Weise ein selektives Vorgehen bei der Auswertung der Audioaufnahmen ermöglicht, indem relevante Passagen des typischerweise umfangreichen Audiomaterials durch Antippen der interessierenden Stellen in der schriftlichen Aufzeichnung ausgewählt werden. Diese Funktionalität ermöglicht eine zeiteffiziente Identifizierung prozessrelevanter Situationen und macht somit Audioaufzeichnungen auch bei großen Probandenzahlen einfach verwertbar.

Unsere Erfahrungen zeigen, dass der Smartpen-Einsatz mit niedrigen Einsatzschwellen verbunden ist und auf eine hohe Akzeptanz bei bislang allen bei uns adressierten Probandengruppen (Schülerinnen und Schüler sowie Studierende unterschiedlicher Studiengänge) trifft.

Tab. 1: Mehrwert und Einsatzbeispiele für Smartpendaten unterschiedlichen Typs

| Datentyp                                                                 | Vorteile/Mehrwert                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Einsatzbeispiele                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Digitalisierte schriftliche Aufzeichnungen (Produkt)                  | Schriftstück steht ProbandInnen/Lernenden für weitere Nutzung zur Verfügung (z.B. im Lernprozess) und Studienleiter/Lehrkraft hat gleichzeitig Zugriff auf digitalisierte schriftliche Aufzeichnung (z.B. für Diagnose- oder Analysezwecke); auch bei großen Teilnehmendenzahlen einsetzbar                                                                              | Optimierung von Lehr-Lern-Materialien im <i>design-based-research</i> Ansatz (z. B. Arbeitsblätter, Versuchsanleitungen für Schülerexperimente); Fragebögen; Diagnostik von Gruppenarbeitsphasen aller Art in Forschung und Lehre |
| 2. Digitalisiertes Schriftbild, verknüpft mit Zeitskala (Prozessdaten)   | Mit der Entstehung der Schriftstücke verknüpfte Prozesse können rekonstruiert werden (z.B. Reihenfolge und Dauer einzelner Phasen bei der Aufgabenbearbeitung)                                                                                                                                                                                                           | Siehe Typ 1 und zusätzlich: fachdidaktische Studien und Diagnostik von Lernprozessen, bei denen Prozessaspekte relevant sind                                                                                                      |
| 3. Zeitabhängiges digitalisiertes Schriftbild, verknüpft mit Audiosignal | Verknüpfung von Schriftbild und Tonspur macht z.B. Diskussionen der ProbandInnen/Lernenden in Gruppenarbeitsphasen durch selektives Anhören einzelner (relevanter) Passagen oder des Kontextes solcher Passagen bei hoher Auswertungseffizienz einfach zugänglich; analog einsetzbar in Think-aloud-Studien; niederschwelliger Zugang zu Analyse von Lehr-Lern-Prozessen | Siehe Typ 2 und zusätzlich: Peerdiskussionen; Diagnostik der Interaktion zwischen Lehrkraft und Lernenden im Lehr-Lern-Labor                                                                                                      |

### Zusammenfassung und Fazit

Smartpens bieten einen Funktionsumfang, der neue Optionen für fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie auch interessante Einsatzmöglichkeiten in der Lehre eröffnet. Bereits die zwanglose Digitalisierung von handschriftlichen Notizen aller Art ist mit großen Vorteilen in fachdidaktischen Entwicklungs- und Forschungsarbeiten verbunden. Die zeitaufgelöste Dokumentation der Aufzeichnungen eröffnet neue Wege zu Prozessanalysen für fachdidaktische Studien und Diagnosezwecke in Lernprozessen und wird durch die zielgenaue und damit sehr effiziente Analyse der Kommunikation der Probandinnen und Probanden bzw. Lernenden weiter bereichert. Dabei zeichnet sich der Einsatz von Smartpens durch eine hohe Akzeptanz bei allen bislang durch uns adressierten Probandengruppen aus.

### Literatur

- Burjan, V., Kohler, K., Kettenring, J., Tekinbas, C. & Volz, C. (2018). Physical to Digital – Best-Practice-Gestaltungslösungen am physikalisch-digitalen Übergang. Berichte aus dem Karl-Steinbuch-Forschungsprogramm Nr. 9.
- Büsch, L. & Heinke, H. (2015). Towards Attractive Interactive Instructions for Practical Physics Laboratories, Proceedings of the 20th International Conference on Multimedia in Physics Teaching and Learning, p. 161, [https://epub.ub.uni-muenchen.de/29030/7/MPTL20\\_Proceedings.pdf](https://epub.ub.uni-muenchen.de/29030/7/MPTL20_Proceedings.pdf)
- Büsch, L., Schöneberg, M. & Heinke, H. (2017). Einblick in Prozesse im Realexperiment: Chancen für Forschung und Lehre. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 456). Universität Regensburg.
- Fraß, S., Lammertz, I., Magdans, U. & Heinke, H. (2014). Erhebung von Daten für IBE mit Smartpens. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 579–581). Kiel: IPN.
- Fraß, S. & Heinke, H. (2017). Auf der Suche nach Strategien bei der Manipulation von Experimenten. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 312). Universität Regensburg.
- Joußen, N., Fraß, S. & Heinke, H. (2018). Prozessorientierte Instrumente zur Erhebung experimenteller Strategien. In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 844). Universität Regensburg.
- Wilhelm, T., & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In: D. Krüger, I. Parchmann, H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftlichen Forschung, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 31–42.

Marvin Krüger  
Michael Szogs  
Friederike Korneck

Goethe-Universität Frankfurt

## **Personenzentrierter Blick auf Unterrichtsqualität und handlungsnahe Konstrukte des Lehrens und Lernens**

### **Einleitung und theoretischer Hintergrund**

Zentrales Ziel der Lehrerbildung ist die Befähigung zur Gestaltung qualitätsvollen Unterrichts. Dennoch sind, insbesondere im Fach Physik, wesentliche Fragen nach wie vor unzureichend beantwortet: Wie gestaltet sich das Zusammenspiel unterschiedlicher Merkmale der Unterrichtsqualität bei verschiedenen Lehrkräften? Welche lehrerseitigen Merkmale sind prädiktiv für qualitätvolle Lehr-Lern-Prozesse und können daher als handlungsnah und besonders ausbildungsrelevant angesehen werden?

Unterrichtsqualität selbst kann im Sinne des Modells der Basisdimensionen durch die Merkmale Kognitive Aktivierung, Konstruktive Unterstützung und Klassenführung konzeptualisiert werden (Kunter & Voss, 2011). Obgleich eine entsprechende Operationalisierung der Basisdimensionen durchaus Fachspezifika abzubilden vermag, gibt es auch fachliche Aspekte des Unterrichts, wie z. B. die fachliche Korrektheit, die nicht ohne Weiteres abgedeckt werden können und daher gesondert berücksichtigt werden sollten (für einen möglichen Ansatz siehe Pupillo, Krüger, Korneck & Szogs, in diesem Band).

Von den Komponenten professioneller Kompetenz (Baumert & Kunter, 2006) gelten aufgrund ihrer handlungsleitenden (Filter-)Funktion die Lehrerüberzeugungen als besonders handlungsleitend (u. a. Hofer, 2001; Voss et al., 2011; Fives & Bühl, 2012). Diese wurden auch in den Arbeiten vorangegangener Projekte teilweise schwerpunktmäßig untersucht (Lamprecht, 2012; Oettinghaus, 2015) und ihre Bedeutsamkeit für das Unterrichtshandeln teilweise nachgewiesen (Korneck, Krüger & Szogs, 2017).

Als eine weitere handlungsleitende Fähigkeit wurde in den letzten Jahren zudem die Professionelle Unterrichtswahrnehmung diskutiert, die als eine mögliche Vermittlerin zwischen der dispositionalen Kompetenz auf der einen und der Unterrichtsperformanz auf der anderen Seite wirken könnte (Sherin & Van Es, 2009; Meschede, 2014; Borko et al., 2011; Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015). Aufgrund ihrer ausgeprägten und inhärenten Situationsspezifität ist ihre Erhebung jedoch komplex und es gibt noch keine Indikatoren Professioneller Wahrnehmung, die sich bei realen Unterrichtsbeobachtungen standardisiert erheben lassen. Bisherige, qualitative wie quantitative, Zugänge erfolgten daher in der Regel videovignettenbasiert (für eine Übersicht aktueller naturwissenschaftsdidaktischer Projekte zur Professionellen Wahrnehmung siehe Krüger & Korneck, 2018).

Neben den beiden lehrer- und damit angebotsseitigen Konstrukten des Unterrichts, den Überzeugungen und der Professionellen Wahrnehmung, soll auch eine schülerseitige Betrachtung des Unterrichts vorgenommen werden. Zwischen Unterrichtsqualität und Schüleroutcome, d. h. Schülerleistung und -motivation bzw. -interesse, lässt sich in erster Annäherung die schülerseitige Nutzung der Unterrichtsqualität im Lernprozess (u. a. Helmke, 2012; Seidel, 2014) verorten, die in diesem Beitrag Berücksichtigung findet.

Um der Komplexität von Unterricht sowie der Individualität von Lehrkräften gerecht zu werden, verfolgt dieser Beitrag einen personenzentrierten Ansatz, mit dem übergeordnete Profile, d. h. Gruppen von Lehrkräften, identifiziert und beschrieben werden können.

Eine Studie aus dem Rahmen des COACTIV-Projektes zeigt keine spezifischen Muster der schülereingeschätzten Unterrichtsqualität, sondern je ein unterdurchschnittliches, durchschnittliches und überdurchschnittliches Profil (Holzberger et al., 2016). Lamprecht (2012) fand in Bezug auf Lehrerüberzeugungen heraus, dass sich bei Lehramtsabsolventen und

Quereinsteigern im Referendariat drei Überzeugungstypen finden lassen: einen diskursiv-orientierten, einen transmissiv-orientierten und einen Mischtyp.

### **Fragestellung**

Es wird untersucht, ob, wie viele und welche Profile sich bezüglich Unterrichtsqualität, Lehrerüberzeugungen, Aspekten Professioneller Wahrnehmung sowie des Lernprozesses der Schüler bei angehenden Physiklehrkräften nachweisen lassen. Ferner soll eine, in diesem Beitrag nur exemplarische, Charakterisierung der identifizierten Profile vorgenommen und geklärt werden, inwiefern sich die Profildugehörigkeiten in Bezug auf die unterschiedlichen Konstrukte gegenseitig beeinflussen.

### **Methode**

Das Forschungsprojekt ist an ein Microteaching-Seminar gekoppelt, in dem angehende Physiklehrkräfte Unterrichtsminiaturen (12 Minuten) gestalten. Die zentrale Stellung eines Experimentes ermöglicht einen kohärenten inhaltlichen Abschluss von Einstieg bis Ergebnissicherung im Sinne einer repräsentativen Raffung von Regelunterricht.

Die videographierten Miniaturen dienen der Erfassung der Unterrichtsqualität, deren Einschätzung anhand eines Ratingmanuals erfolgt. Dieses umfasst 18 Subdimensionen der drei Basisdimensionen sowie zwei fachliche Skalen.

Das Videorating wird um ein Live-Rating durch je etwa neun hospitierende Peers ergänzt, die ein Kurz-Instrument mit 12 der 20 Subdimensionen einschätzen. Da jede(r) Teilnehmer(in) 18 Unterrichtsminiaturen hospitiert, handelt es sich nicht nur um eine umfassende Datenquelle bezüglich der beurteilten Unterrichtenden, sondern auch in Bezug auf die jeweils beurteilenden Hospitierenden: Die mittlere Beurteilungskonsistenz der einzelnen Unterrichtsqualitätsmerkmale lassen sich als ein möglicher erster Indikator Professioneller Wahrnehmung, der bezüglich realer, authentischer und sehr heterogener Unterrichtsstimuli standardisiert erhoben wird, interpretieren.

Die drei Lehrerüberzeugungsdimensionen „Überzeugungen zum transmissiven Lernen“, „Überzeugungen zum selbstständigen Lernen“ und „Wissenschaftsverständnis“ werden zu Beginn des Seminars durch Selbstauskunft mit 11 bis 12 Items eines Inventares von Oettinghaus (2015) erhoben.

Die schülereingeschätzten Lernprozessmerkmale werden mit einem in Anlehnung an Rakoczy und Lipowsky (2005), Kunter (2005) und Blumberg (2008) eigenentwickelten Instrument erhoben, welches einen eher affektiven Bereich (z. B. Wohlbefinden oder Autonomieunterstützung; insgesamt 6 Skalen) und einen eher kognitiven Bereich (z. B. Verständnis des Lerngegenstandes, Diskursivität des Lernprozesses; insgesamt 4 Skalen) abdeckt.

Die Stichprobe variiert je nach Konstrukt zwischen 91 und 216 Teilnehmer(inne)n. Die Indikatoren der untersuchten Konstrukte gehen in Form aggregierter Mittelwerte in latente Profilanalysen (Gibson, 1959) ein, die mit *Mplus* (Muthén & Muthén, 1998-2017) durchgeführt werden.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Auf Grundlage unterschiedlicher Modellkriterien sind in Bezug auf die Unterrichtsqualität sowie die Lehrerüberzeugungen die Modelle zu wählen, die drei Profile berücksichtigen. Diese lassen sich jeweils als ein unterdurchschnittliches, ein durchschnittliches und ein überdurchschnittliches Profil beschreiben. In Bezug auf die Lehrerüberzeugungen entspricht das unterdurchschnittliche Profil (21%) einer besonderen Betonung transmissiven Lernens und das überdurchschnittliche Profil (26%) der Befürwortung selbstständigen Lernens.

Die drei Profile bezüglich der Unterrichtsqualitätsmerkmale sind in Abbildung 1 dargestellt. Es gibt keine Schwerpunktsetzungen auf spezifische Bereiche der Unterrichtsqualität, d. h. insbesondere keine Überschneidungen der drei Profile. Es ist lediglich teilweise eine Annä-

herung der Profile zu beobachten: Bezüglich der Skalen Relevanz, welche vor allem die Alltagsrelevanz des Unterrichts betont, der Autonomie, welche mit der Wahl von Schüler- oder Demoexperiment konfundiert ist, sowie tendenziell der Störungsfreiheit, die durch die Komplexitätsreduktion des Settings ohnehin zum Positiven beeinflusst ist, weisen die Profile auffallend ähnliche Mittelwerte auf.

Bei einer Charakterisierung der drei Unterrichtsqualitätsprofile bezüglich soziodemographischer sowie ausbildungsspezifischer Hintergrundvariablen zeigt sich der Hauptunterschied der Profilzusammensetzung in Bezug auf den Studiengang: Studierende des Lehramts für Haupt- und Realschulen finden sich ungleich häufiger im unterdurchschnittlichen Profil und seltener im überdurchschnittlichen Profil als die gymnasialen Lehramtsstudierenden.

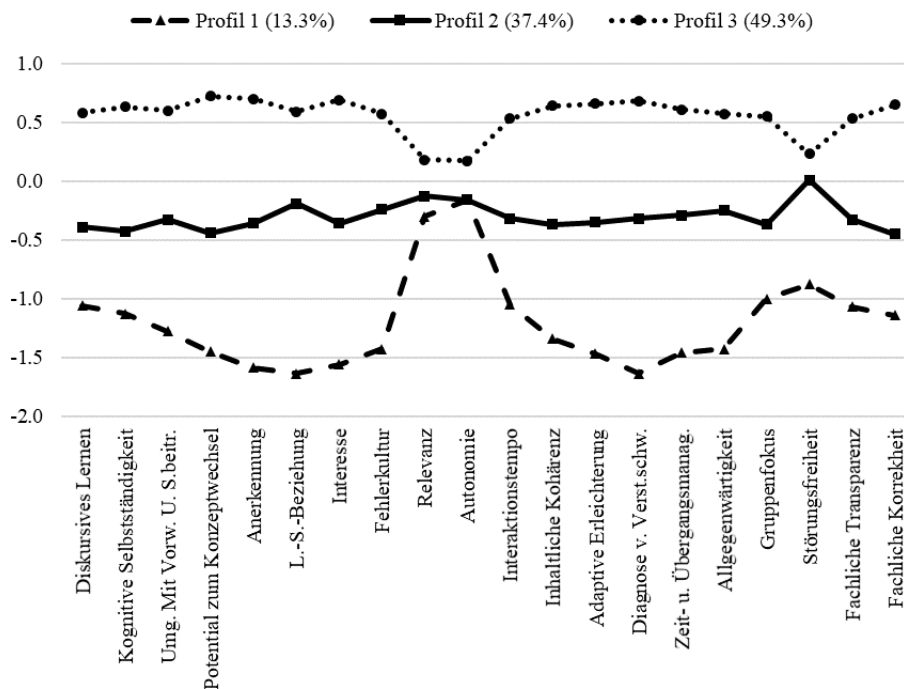


Abb. 1 Mittelwerte der latenten Profile der 18 Unterrichtsqualitäts- und 2 Fachlichkeitssubdimensionen (Durchgang 1 und 2 aggregiert, 3-Profil-Lösung, standardisiert)

Im Bereich der Beurteilungskonsistenz lassen sich zwei Profile identifizieren, die sich auf Basis der zwölf Merkmale ebenfalls nur in der Höhe ihrer Ausprägung unterscheiden (78% überdurchschnittlich, 22% unterdurchschnittlich). Bezüglich der zehn schülereingeschätzten Lernprozessmerkmale finden sich ebenfalls zwei Profile, wobei das Unterrichtsangebot der angehenden Lehrkräfte des überdurchschnittlichen Profils (60%) hier durchweg positiver von den Schülern genutzt werden konnte als das der Teilnehmer des unterdurchschnittlichen Profils (40%).

Die Betrachtung der Profilhörigkeit liefert unter anderem Indizien dafür, dass insbesondere Angehörige des transmissiv geprägten Überzeugungsprofils kaum dem überdurchschnittlichen Unterrichtsqualitätsprofil angehören.

Das konstruktübergreifende Auftreten eines unterdurchschnittlichen Profils, dem jeweils rund ein Fünftel der Teilnehmer(innen) angehören, gibt Anlass, bisher nicht ausreichend adressierte Qualifikationsbedarfe zu vermuten.

## Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Blumberg, E. (2008). *Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule – Eine Studie zum Einfluss von Strukturierung in schülerorientierten Lehr-Lernumgebungen auf das Erreichen kognitiver, motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen*. Dissertation. Münster.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie*, 223 (1), 3–13.
- Borko, H., Koellner, K., Jacobs, J. & Seago, N. (2011). Using video representations of teaching in practice-based professional development programs. *ZDM*, 43, 175–187.
- Fives, H., & Buehl, M. M. (2012). Spring cleaning for the “messy” construct of teachers’ beliefs: What are they? Which have been examined? What can they tell us? In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, S. Graham, J. M. Royer, & M. Zeidner (Hrsg.), *APA Educational Psychology Handbook, Vol. 2: Individual differences and cultural and contextual factors* (S. 471–499). Washington: APA.
- Gibson, W. A. (1959). Three multivariate models: Factor analysis, latent structure analysis and latent profile analysis. *Psychometrika*, 24, 229–252.
- Helmke, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität*. Seelze: Klett Kallmeyer.
- Hofer, B. K. (2001). Personal Epistemology Research: Implications for Learning and Teaching. *Educational Psychology Review*, 13 (4), 353–383.
- Holzberger, D., Kunter, M., Praetorius, A.-K. & Seidel, T. (2016). Individuelle Schwerpunkte im Mathematikunterricht? Eine latente Profilanalyse zu unterschiedlichen Mustern der Unterrichtsqualität. In N. McElvany, W. Bos, H. G. Holzappels, M. M. Gebauer & F. Schwabe (Hrsg.), *Bedingungen und Effekte guten Unterrichts* (S. 136–146). München: Waxmann.
- Korneck, F., Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In E. Sumfleth & H. Fischler (Hrsg.), *Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften der Chemie und Physik*. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 200. Berlin: Logos.
- Krüger, M. & Korneck, F. (2018). Professionelle Wahrnehmung im Chemie- und Physikunterricht - Gemeinsamkeiten und Unterschiede aktueller Forschungsvorhaben. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017 (S. 63–66). Regensburg: Universität Regensburg.
- Kunter, M. (2005). *Multiple Ziele im Mathematikunterricht*. Münster: Waxmann.
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter et al. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster: Waxmann.
- Lamprecht, J. (2012). *Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik*. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 125. Berlin: Logos.
- Meschede, N. (2014). *Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung*. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 163. Berlin: Logos.
- Muthén, L.K. and Muthén, B.O. (1998–2017). *Mplus User’s Guide, Eighth Edition*. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.
- Oettinghaus, L. (2016). *Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen, Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat*. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 207. Berlin: Logos.
- Rakoczy, K., Buff, A. & Lipowsky, F. (2005). Befragungsinstrumente. In E. Klieme, C. Pauli & K. Reusser (Hrsg.), *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis" (Teil 1)*. Frankfurt am Main: GFPP/DIPF.
- Seidel, T. (2014). Angebots-Nutzungs-Modelle in der Unterrichtspsychologie. Integration von Struktur- und Prozessparadigma. *Zeitschrift für Pädagogik*, 60, 850–866.
- Sherin, M. & van Es, E. A. (2009). Effects of Video Club Participation on Teachers’ Professional Vision. *Journal of Teacher Education*, 60, 20–37.
- Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M. & Hachfeld, A. (2011). Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter et al. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 235–258). Münster: Waxmann.

Förderhinweis: “Level – Lehrerbildung vernetzt entwickeln” wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.



Anastasia Striligka<sup>1</sup>  
 Dimitrios Stavrou<sup>2</sup>  
 Michael Komorek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Oldenburg  
<sup>2</sup>Universität Kreta

## Interaktionen mit Exponaten im Science Center empirisch untersuchen

Studien zum informellen Lernen im Science Center zeigen, wie die Interessen von Schüler/innen geweckt werden können (Guderian, 2007; Holmes, 2011; Faria et al., 2012; Scharfenberg et al., 2014). Sie zeigen aber nur ansatzweise, wie Schüler/innen durch selbstgesteuerte Interaktionen mit Exponaten fachliches Wissen aufbauen und Kompetenzen entwickeln können (Tuckey, 1992). In der hier präsentierten Studie in Zusammenarbeit mit der Phänomenta Bremerhaven wurden erstens die Absichten der Gestalter von Exponaten und Bildungsformaten erhoben; zweitens wurden bestimmte Exponate und die Gesamtausstellung einer fachlich-fachdidaktischen Potentialanalyse unterzogen; und drittens wurde mit begleitenden Interviews und Fragebögen die Prozesse der Schüler/innen beim Entschlüsseln und Interpretieren der Exponate und beim fachlichen Lernen untersucht. Ziel ist es zu klären, wie Eigenschaften der Exponate, erklärenden Medien und Grafiken zu einem Verständnis der repräsentierten Phänomene und fachlichen Inhalte führen bzw. dies behindern.

### Forschungsbedarf

Außerschulische Lernorte können Lücken schulischer Angebote schließen und traditionellen Unterricht ergänzen (Euler, 2005; Rennie, 2014). Obwohl es aber eine Vielfalt an außerschulischen Lernorten gibt, bieten sie oft Angebote an, die nicht in den formalen Unterricht eingebettet werden (Lewenstein, 2001). Ein Grund dafür ist, dass es oft keine Konzepte für die Vor- und Nachbereitung des Schülerbesuchs gibt, wodurch Schüler/innen keinen Zusammenhang zwischen dem Neuen und ihrem Vorwissen herstellen können (Eshach, 2007). Dies führt dazu, dass zwar „das Entertainment“ von Schüler/innen (auch ihre „Begeisterung“), nicht aber ihr Lernen im Vordergrund der Schülerbesuche steht (Rennie & McClafferty, 1996). Dennoch kann unterstellt werden, dass fachliche Lernprozesse ablaufen, sodass ein Forschungsbedarf entsteht hinsichtlich der Lernprozesse, die bei Schüler/innen an außerschulischen Lernorten ablaufen, der Faktoren, die Lernprozesse begünstigen oder hemmen, damit insgesamt der Charakteristika der Lernorte und der Sicht der Lehrkräfte auf die Schülerprozesse und den Einfluss der Lernumgebung.

### Forschungsfragen

Die hier vorgestellte Pilotstudie konzentriert sich weniger auf äußere Handlungen als auf kognitive Prozesse von Schüler/innen während ihrer Interaktion mit Exponaten bei einem Besuch in der Phänomenta in Bremerhaven. Dabei stehen folgende Fragestellungen im Mittelpunkt, die auf empirischen Weg untersucht werden:

- Welche (äußeren) Handlungen und damit verbundenen kognitiven Verarbeitungsprozesse laufen auf Seiten der Schüler/innen während ihrer Interaktion mit Exponaten im Science Center ab? Wie lassen sich diese Prozesse modellieren?
- Welche Merkmale der Exponate beeinflussen die Handlungen und die kognitiven Verarbeitungsprozesse der Schülerinnen und Schülern?
- Inwieweit stimmen die Absichten der Bildungsverantwortlichen der außerschulischen Lernorte mit den rekonstruierten kognitiven Prozessen der Schüler/innen überein?
- Welche Einschätzung haben die Lehrkräfte bezüglich der ablaufenden Prozesse auf Schülerseite und der wirksamen Merkmale der Exponate?

### **Design der Studie**

*Forschungsrahmen:* Im Rahmen der Pilotstudie wurde mit der Phänomenta in Bremerhaven kooperiert. Dort bietet sich eine Auswahl von ca. 80 Hands-on Exponaten zu Phänomenen aus Natur und Technik, die verschiedene Grade und Arten von Interaktionen ermöglichen. Die zwei empirisch untersuchten Schulbesuche hatten eine Dauer von ca. 2 Stunden und beinhalteten eine kurze Einführung von den Verantwortlichen der Phänomenta, eine „Reise zum Mittelpunkt der Wärme“ und ein freies Interagieren mit Exponaten.

#### *Forschungsschritte:*

- (1) Es wurden konkrete Exponate kriteriengeleitet charakterisiert. Die Potentialanalyse der Exponate wurde an die kognitive Taxonomie von Anderson und Krathwohl (2001) und an die "Praxeology" von Achiam (2013) angelehnt.
- (2) Daraufhin wurden die Forschungsfragen konkretisiert und geeignete Forschungsinstrumente wie Interviews entweder entwickelt oder adaptiert.
- (3) Es wurden Interviews mit den Anbietern geführt. Für die Schüler/innen kamen Fragebögen vor und nach dem Besuch zu Einsatz und bestimmtes Verhalten wurde durch Beobachtungsbogen aufgenommen und durch teilnehmende Beobachtung und Befragung autographiert. Auch die Lehrkräfte bearbeiteten je einen Fragebogen vor und nach dem Besuch.
- (4) Die empirisch gewonnenen Interviewdaten wurden mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) ausgewertet.

*Stichprobe:* Insgesamt nahmen in der Pilotstudie 34 Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse aus zwei Schulen teil. Von ihnen wurden 10 Schülerinnen und Schüler empirisch durch teilnehmende Beobachtung engmaschig begleitet und wehrendessen an konkreten Exponaten interviewt. Außerdem haben sechs Lehrkräfte vor und nach dem Besuch Fragebögen bearbeitet und der Hauptverantwortliche der Phänomenta Bremerhaven wurde interviewt.

*Erhebungsinstrumente und Auswerteschwerpunkte:* In der Pilotstudie wurden Daten aus drei verschiedenen Quellen (Sichtweise und Verstehen der Schüler/innen, Einschätzungen der Lehrkräfte, Einschätzungen der Anbieter und Analyseergebnisse bzgl. der Exponate) erhoben und aufeinander bezogen. Es wurden Pre- und Post-Fragebögen für die Schüler/innen entwickelt. Außerdem wurden ein Beobachtungsbogen und ein Interviewleitfaden entwickelt, um das laute Denken der Schüler/innen zu unterstützen und Audioaufnahmen zur Analyse ihrer Denkweise bei der Nutzung der Exponate aufzunehmen.

Der erste Fragebogen der Schüler/innen wurde kurz vor Beginn des Besuchs am Ort der Phänomenta ausgefüllt und betrifft die Erwartungen, die Interessen und das Vorwissen der Schüler/innen. Der zweite Fragebogen wurde ebenfalls vor Ort nach Ende des Besuchs ausgefüllt. Mit diesem wurde untersucht, was den Schülern am meisten gefallen hat, worin sie Schwierigkeiten hatten, die Exponate zu verstehen, was sie am Lernort und an konkreten Exponaten ändern würden und ob sie die von den Anbietern erhofften kognitiven Ziele erreichen konnten. Die Fragebögen vor und direkt nach dem Besuch für die begleitenden Lehrkräfte basierten auf Ideen von Cox-Peterson et al. (2003) und Griffin et al. (1997). Es wurde mit halb-offenen und offenen Fragen untersucht, welche ihre Erwartungen zum Besuch sind, wie sie den Besuch unter verschiedenen Kriterien bewerten, wie sie den Besuch im Schulunterricht eingebettet haben oder es noch wollten und ob sie Änderungsvorschläge für das Angebot haben. Zusätzliche wurden Interviews mit den Verantwortlichen der Phänomenta geführt.

### Ergebnisse der Pilotstudie

Sämtliche Daten wurden mittels Qualitative Inhaltsanalyse ausgewertet und systemtisch aufeinander bezogen, wie in der folgenden Falldarstellung des Schülers Stefan der vierten Klasse skizziert. Der Schüler wurde während seiner Interaktion mit dem Exponat "Sichtbares Licht" interviewt und beobachtet. Am Exponat "Sichtbares Licht" gibt es die Möglichkeit, drei Farbfilter (rot, grün, blau) und ein Prisma einzeln oder gleichzeitig vor eine Lichtquelle zu klappen. Die Aufgabenstellung am Exponat lautete: *"Betrachten Sie das Spektrum des sichtbaren Lichts mit dem Prisma. Die Filter lassen jeweils nur einen bestimmten Bereich durch."*

Um die Auseinandersetzung des Schülers mit den Exponaten zu modellieren, wird die Praxeology von Achiam (2013) herangezogen, bei der es vier Stufen der Interaktion mit Exponaten gibt. Bei der ersten Stufe "Task" kann der Nutzer des Exponats die Aufgabe wahrnehmen. Auf einer zweiten Ebene "Technique" kann er Handlungen durchführen, um die Aufgabe zu erfüllen. Auf der dritten Stufe "Technology" kann der Nutzer seine Handlungen begründen und erklären, was gerade am Exponat passiert und warum. Auf der vierten Stufe "Theory" ist der Nutzer in der Lage, sich mit abstrakten Konzepten zu rechtfertigen.

Beim Fall des Schülers Stefan sieht man, dass er am Exponat alle Objekte (Lampe, Knopf, Farbfilter, weißen Schirm usw.) erkennt, dass er sein Vorwissen zum Exponat abrufen und seine Handlungen begründen und erklären kann. Man erkennt aber auch seine Schwierigkeit, zwischen den relevanten und irrelevanten Merkmalen des Exponats zu unterscheiden. Obwohl er gleichzeitig den roten und den blauen Filter vor die Lichtquelle gestellt hat und sehen konnte, dass das Licht zum großen Teil von den Filtern absorbiert wurde, blieb er bei seiner ursprünglichen Einschätzung im ersten Fragebogen "das Licht sollte lila werden". Seine Begründung zu dem am Exponat beobachteten Phänomen war, dass die Filter "zu dick sind, so dass kein Licht durch kann". Deswegen antwortete er auch beim Fragebogen *nach* dem Besuch, dass "das Licht wird lila, wenn es erst durch eine rote und dann durch eine blaue Folie geht". Stefan bleibt also bei seiner ursprünglichen Vorstellung.

Dies spiegelt sich auch in den Fragebögen vor und nach dem Besuch der Schüler/innen wider, wie in der Grafik Abb.1 dargestellt. Aus dem Vergleich der Antworten vor und nach dem Besuch ist zu erkennen, dass das Exponat "Sichtbares Licht" eine geringe Wirkung auf den Wissenszuwachs der Schüler/innen hat.

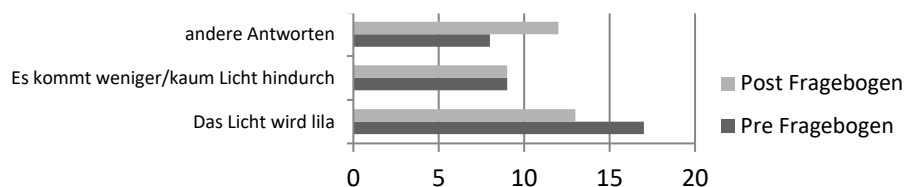


Abb.1 Antworten zur Aufgabe "Beschreibe was mit dem weißen Licht passiert, wenn es erst durch eine rote und dann durch eine blaue Folie geht." (n=34)

### Fazit

Die Ergebnisse der Pilotstudie zeigen, dass Schüler/innen beim Besuch der Phänomente in der Lage sind, die gestellten Aufgaben (Tasks) zu erkennen und Arbeitsverfahren (Technique) durchzuführen. Auch können sie Erklärungen (Technologie) zu ihren Handlungen an den Exponaten geben. Diese stimmen aber nicht immer mit den erwünschten Erklärungen der Ausstellungsmacher überein. Zudem haben die Schüler/innen Schwierigkeiten, die Phänomene zu abstrahieren (Theory) und geben objektbezogene Erklärungen an, die auf ihren Vorstellungen bzw. auf ihrem Vorwissen basieren. Es besteht also der Bedarf, datenbasierte Leitlinien für die Optimierung der Angebote zu formulieren mit dem Ziel, nicht nur das Interesse der Schüler/innen zu wecken, sondern auch Wissen aufzubauen.

# Literatur

- Achiam, M.F. (2013) A Content-oriented Model for Science Exhibit Engineering, *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, 3:3, 214-232, DOI: 10.1080/21548455.2012.698445
- Anderson, L.W. & Krathwohl, D.R. (2001) *A Taxinomy for Learning, Teaching and Assesing*, New York
- Cox-Peterson, A. M., Marsh, D.D. , Kisiel, J. & Melber L.M. (2003) . Investigation of Guided School Tours, Student Learning, and Science Reform Recommendations at a Museum of Natural History. *JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING* VOL. 40, NO. 2, PP. 200–218
- DeWitt, J. & Osborne, J. (2007) Supporting Teachers on Science- focused School Trips: Towards an integrated framework of theory and practice, *International Journal of Science Education*, 29:6, 685-710 DOI: 10.1080/09500690600802254
- Euler, M. (2005). Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik* 16 (90), 4-12.
- Eshach, H. (2007). Bridging in-school and out-of-school learning: Formal, non-formal, and informal education. *Journal of Science Education and Technology*, 16(2), 171-190.
- Griffin, J., Symington, D. (1997). Moving from Task- Oriented to Learning- Oriented Strategies on School Excursions to Museums. *John Wiley & Sons, Inc, Sci Ed* 81:763-779
- Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte - Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Humboldt-Universität zu Berlin. <http://edoc.huberlin.de/docviews/abstract.php?lang=ger&id=27927>.
- Holmes J.A. (2011). Informal learning: Student achievement and motivation in science through museum-based learning. *Learning Environ Res* (2011) 14:263–277 DOI 10.1007/s10984-011-9094-y
- Lewenstein, B. V. (2001). Who produces science information for the public. *Free-choice science education: How we learn science outside of school*, 21-43.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz Pädagogik
- Rennie, L. (2014). Learning Science Outside of School, in Lederman, N. and Abell, S. (ed.) *Handbook of Research on Science Education* Volume II, pp. 120-144. USA: Routledge
- Rennie, L. J., & McClafferty, T. P. (1996). Science centers and science learning, 53-98
- Scharfenberg, F., Bogner, F. (2014), Outreach Science Education: Evidence-Based Studies in a Gene Technology Lab. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(4), 329-341 DOI: 10.12973/eurasia.2014.1086a

Maria Weisermann<sup>1</sup>  
 Ilka Parchmann<sup>1</sup>  
 Stefan Schwarzer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IPN an der Universität Kiel  
<sup>2</sup>LMU München

## **Berufsorientierung als Teil einer Verknüpfung von Schule & Schülerlabor**

### **1. Theoretischer Hintergrund**

MINT-Schülerlabore stellen ein in Deutschland weit verbreitetes und etabliertes Outreach-Format dar, welches unter anderem Experimente zu aktuellen naturwissenschaftlichen Themen in einer authentischen Umgebung (Braund & Reiss, 2006) sowie Abwechslung und handlungsorientiertes Arbeiten mit vielen Schülerexperimenten und Eigenaktivität (Euler & Weßnigk, 2011) bieten kann. Bei derartigen außerschulischen Aktivitäten handelt es sich um non-formelle Lernorte, welche sich zwar am Lehrplan der einzelnen Bundesländer orientieren sollten, aber dennoch keine stricte curriculare Bindung haben. Somit können diese auch neuartige und interessefördernde Inhalte deutlich schneller als im Schulunterricht umsetzen und in schülergerechter sowie anschaulicher Form als Lerngelegenheit anbieten (LeLa, 2017). In diesem Zusammenhang sollten sowohl Einblicke in Methoden, Verfahren und Denkweisen aus der Forschung und Technologieentwicklung als auch in handwerkliche Berufe gewährleistet werden (LeLa, 2017). Da Interesse und interne Motivation bei der Berufswahl eine bedeutende Rolle spielen (Taskinen, Schütte & Prenzel, 2013), soll hierdurch unter anderem dem negativen Image von MINT-Berufen entgegengewirkt sowie mehr Transparenz in die unklaren Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Berufsfeldern (Euler, 2001; Weßnigk, 2013; Kessels & Hannover, 2006) erzeugt werden. Im MINT-Unterricht herrscht nach wie vor geringfügige Akzeptanz und Umsetzung berufsorientierender Maßnahmen (Hauke, 2013). Dies trägt dazu bei, dass Schülerinnen und Schüler kaum Wissen über naturwissenschaftlich spezifische und interessante Ausbildungsberufe haben (Nachwuchsbarometer, 2009). In diesem Zusammenhang konnte bereits in anderen Studien gezeigt werden, dass frühe Einblicke in naturwissenschaftliche Berufsfelder zur Sensibilisierung für Naturwissenschaften beitragen (vgl. Reiss & Mujtaba, 2016; Weßnigk, 2013).

### **2. Schülerlaborprogramm *nawi:klick!***

Ein solches Outreach-Angebot ist das nanotechnologische Schülerlabor *nawi:klick!* der Kieler Forschungswerkstatt für die Mittelstufe primär von Gemeinschaftsschulen, aber auch von Gymnasien. Im Rahmen seines Experimentierprogramms behandelt es die Herstellung, Untersuchung und Anwendung von Nanopartikeln sowie nano- und mikrodimensionierten Oberflächen. Das Schülerlaborprogramm wurde in Anlehnung an die Lehrpläne von Schleswig-Holstein und Bayern entwickelt, da auch die Begleitforschung standortübergreifend geplant und durchgeführt wurde. Aktuell wird dieses in der Kieler Forschungswerkstatt sowie an der LMU München angeboten.

Um das Schülerlaborangebot nachhaltiger zu gestalten (vgl. Guderian, 2007; Schwarzer & Itzek-Greulich, 2015; Streller, 2015), wurde weiterhin eine schulische Vor- und Nachbereitung konzipiert, welche vorab einen ersten Zugang zu nanotechnologischen Inhalten bietet, die im Schülerlabor durch eigenständiges Erarbeiten und Experimentieren vertieft werden und anschließend zur Reflektion, Wiederholung und Sicherung der gelernten Inhalte dient. Zur Vermittlung von Einblicken in naturwissenschaftliche Berufsfelder wurden in die schulische Vor- und Nachbereitung zusätzlich Aspekte zur Berufsorientierung integriert. Hierbei wurden Ausbildungsberufe eingebettet, um explizit auch Lernende nichtgymnasialer Schulformen anzusprechen.

### 3. Begleitforschung

#### 3.1 Untersuchungsdesign

Im Rahmen eines Promotionsvorhabens wird anhand des Schülerlaborprogramms *nawi:klick!* untersucht, ob sich unmittelbar nach dem Schülerlaborbesuch sowie nach einigen Monaten positive Effekte auf Fachwissen, die motivationale Regulation, die aufgabenbezogene Selbsteinschätzung und die Einstellung zu MINT-Berufen zeigen, wenn der Schülerlaborbesuch durch eine schulische Vor- und Nachbereitung begleitet wird. Zudem wird analysiert, ob sich differentielle Effekte auf die aufgeführten Konstrukte zeigen, wenn die schulische Vor- und Nachbereitung neben dem fachlichen Fokus Aspekte der Berufsorientierung aufweist. Aus diesem Forschungsansatz ergeben sich drei Untersuchungsgruppen – zwei Experimentalgruppen, welche jeweils zu dem Schülerlaborbesuch eine obligatorische schulische Vor- und Nachbereitung mit bzw. ohne Aspekte der Berufsorientierung erhalten, sowie die Kontrollgruppe, welche ausschließlich das Experimentierprogramm durchläuft.

#### 3.2 Erhebungsinstrument

Zur Evaluation der konzipierten Intervention wurde eine Prä-Post-Follow up-Fragebogenstudie mit einem quasi-experimentellen Design durchgeführt. Das Instrument erfasst die Konstrukte Einstellung zu MINT-Berufen (Wesnigk, 2013), motivationale Regulation (Müller, Hanfstingl & Andreitz, 2007), Fähigkeitsselbstkonzept (Pawek, 2009), aufgabenbezogene Selbsteinschätzung sowie die Bedeutsamkeit von Faktoren bei der Berufswahl. Zudem wurde in Form eines Multiple-Choice-Tests das nanotechnologische Fachwissen erfragt, welches auf den Inhalten des Schülerlaborprogramms basiert.

#### 3.3 Stichprobe

Bisher haben das Experimentierprogramm *nawi:klick!* – trotz der breiten Bewerbung an Gemeinschaftsschulen – überwiegend Gymnasialschülerinnen und -schüler besucht, weshalb im Folgenden ausschließlich die Substichprobe der Gymnasialklassen betrachtet wird. Hier haben insgesamt 33 Schulklassen mit 712 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 8 bis 10 aus Schleswig-Holstein und Bayern teilgenommen, von denen 54,5% männlich waren. Die Probanden waren mit einem Durchschnittsalter von 14,4 Jahren (Standardabweichung 1,6 Jahre) zwischen 12 und 19 Jahre alt. Dabei sind die einzelnen Schulklassen gleichmäßig auf die drei Untersuchungsgruppen verteilt.

### 4. Ergebnisse und Diskussion

Eine erste Auswertung der Daten mit Blick auf die Frage der Förderung einer beruflichen Motivation zeigt, dass durch die erfolgte Intervention weder über die Erhebungszeitpunkte hinweg noch zwischen den einzelnen Untersuchungsgruppen Änderungen der Einstellung zu MINT-Berufen hervorgerufen werden konnten. Dieses Ergebnis kann vielerlei Gründe haben. Zum einen waren die eingebundenen Berufe Ausbildungsberufe aufgrund der primären konzeptionellen Orientierung an den Gemeinschaftsschulen. Diese könnte zukünftig für Gymnasialklassen auch auf akademische Berufe erweitert werden. Zum anderen ist das Thema Berufsorientierung in der Mittelstufe der Gymnasien i.d.R. noch weit entfernt vom Zeitpunkt der eigentlichen Berufswahl, so dass auch diesbezüglich die Gewinnung und Auswertung von Daten weiterer Gemeinschaftsschulklassen von großem Interesse ist.

Selbst in der Stichprobe der Gymnasialschülerinnen und -schüler lassen sich jedoch differenzierte Effekte finden. Mittels eines Streudiagramms zum Konstrukt Einstellung zu MINT-Berufen zwischen den ersten beiden Erhebungszeitpunkten (prä-post) lassen sich Hinweise darauf finden, dass zwar im Mittel keine Veränderungen über die Zeit beobachtbar sind, jedoch auf individueller Ebene. Hierbei können sowohl negative als auch positive Ausprägungen erkannt werden. Um die Entwicklung der Einstellung zu MINT-Berufen

detaillierter untersuchen zu können, wurde die Subgruppe in drei BO-Gruppen – BO als Verweis auf Berufsorientierung – unterteilt, wobei für die beiden Randgruppen (BO-Gruppen 1 und 3) festgelegt wurde, dass die Werte dieser zugeordneten Schülerinnen und Schüler eine Veränderung der Einstellung zu MINT-Berufen von mindestens einer Standardabweichung zeigen. Somit ergab sich, dass bei der BO-Gruppe 1 eine negative, bei der BO-Gruppe 2 keine nennenswerte und bei der BO-Gruppe 3 eine positive Entwicklung der Einstellung zu MINT-Berufen zu verzeichnen war. Die beiden aus der beschriebenen Aufteilung resultierten Randgruppen 1 und 3 sind mit 73 bzw. 81 Probanden ähnlich groß, wohingegen die BO-Gruppe 2 mit 460 Lernenden eindeutig die größte ist. Die Verteilung der drei Treatment-Gruppen ist dabei in allen drei BO-Gruppen annähernd gleichmäßig.

Werden nun die Konstrukte internele (intrinsische und identifizierte) Motivation, Fähigkeitsselbstkonzept sowie aufgabenbezogene Selbsteinschätzung zu den Erhebungszeitpunkten prä und post für die einzelnen BO-Gruppen betrachtet, so lassen sich Unterschiede zwischen den Gruppen feststellen. Das Fähigkeitsselbstkonzept nimmt in der BO-Gruppe 1 signifikant ab, während sich in den BO-Gruppen 2 und 3 keine Änderungen zwischen den erhobenen prä- und post-Daten zeigen. Die Ergebnisse der beiden Konstrukte der internalen Motivation zeigen einen analogen Verlauf wie die des Konstrukts Einstellung zu MINT-Berufen: Es zeigt sich bei der BO-Gruppe 1 eine signifikante Abnahme, bei der BO-Gruppe 2 keine Änderung und bei der BO-Gruppe 3 eine signifikante Zunahme der internalen Motivation. Die aufgabenbezogene Selbsteinschätzung hingegen steigt unabhängig von den BO-Gruppen signifikant an und weist durchgehend eine sehr hohe Effektstärke von über  $d = 1,3$  auf.

Die Bedeutsamkeit von Faktoren für die Berufswahl wurde ausschließlich im Prä-Fragebogen erhoben und zeigt für alle drei BO-Gruppen sehr ähnliche Ergebnisse. Demnach haben schulische und außerschulische Projekte, die Berufsberatung sowie der Rat der Familie, Freunde, Bekannten oder deren Tätigkeit in einem bestimmten Beruf keinen großen Einfluss auf die Berufswahl der Schülerinnen und Schüler. Hingegen sind für die Probanden das Interesse an dem jeweiligen Berufsfeld und die Wahrnehmung der eigenen Fähigkeiten am wichtigsten, wobei auch die Verdienst- und Aufstiegsmöglichkeiten sowie geregelte und familienfreundliche Arbeitszeiten eine hohe Bedeutung haben.

## 5. Zusammenfassung

Die vorgestellten Ergebnisse geben Hinweise auf differentielle Effekte der unterschiedlichen Interventionen, da sich zwar im Durchschnitt über die gesamte Substichprobe der Gymnasialschülerinnen und -schüler keine Entwicklungen zeigen, wohl aber Unterschiede zwischen einzelnen Schülergruppen zu erkennen sind. So zeigen sich bei etwa einem Viertel der Schülerinnen und Schüler positive bzw. negative Trends in der Einstellung zu MINT-Berufen im Vergleich der Messzeitpunkte. Die Intervention kann damit bei einem Teil der Lernenden mehr Transparenz und Klarheit in ihre eigene Berufsorientierung bringen, wobei anzumerken ist, dass es keine Kontrollgruppe ohne Laborbesuch gab. Faktoren, die mit diesen Trends korrespondieren, sind das Fähigkeitsselbstkonzept (vgl. Weßnigk, 2013) sowie die internele Motivation (vgl. Taskinen, Schütte & Prenzel, 2013).

Neben der Berufsorientierung wurden weitere Faktoren untersucht. Hierbei zeigen sich zum einen langfristig anhaltende positive Effekte auf die aufgabenbezogene Selbsteinschätzung sowie zum anderen ein gut ausgeprägtes Fachwissen unmittelbar nach der Intervention bei allen drei Treatment-Gruppen, wobei das Fachwissen sich bei den beiden Experimentalgruppen auch im Follow up-Test unverändert zeigt, jedoch bei der Kontrollgruppe signifikant abnimmt.

Als weitere Schritte stehen die Rekrutierung und Auswertung nichtgymnasialer Klassen beider Standorte sowie weiterführende Analysen der Wirkfaktoren an.

## 6. Literatur

- Braund, M. & Reiss, M. (2006). Towards a more authentic science curriculum: the contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education*, 28(12), S. 1373-1388.
- Euler, M. (2001). Lernen durch Experimentieren. In M. Prenzel, U. Ringelband, & M. Euler, *Lernort Labor. Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft. Bericht über einen Workshop in Kiel im Februar 2001* (S. 13-42). Kiel: IPN.
- Euler, M. & Weißnigk, S. (2011). Schülerlabore und die Förderung kreativer Potenziale: Lernen durch Forschen und Entwickeln. *Plus Lucius*(1-2), S. 32-38.
- Guderian, P. (2007). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte - Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik*. Dissertation. Berlin.
- Haucke, K. (2013). *Berufsorientierung im Chemieunterricht - Erhebung von Schülervorstellungen zu ausgewählten Berufen und Entwicklung von Konzepten zur Integration von Berufsorientierung in Unterricht und Lehrerbildung*. Dissertation. Oldenburg.
- Kessels, U. & Hannover, B. (2006). Zum Einfluss des Images von mathematisch-naturwissenschaftlichen Schulfächern auf die schulische Interessenentwicklung. In M. Prenzel, & L. Allolio-Näcke, *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 350-369). Münster: Waxmann.
- LeLa. (2017). *Bildung für nachhaltige Entwicklung in Schülerlaboren*. Berlin: WIRmachenDRUCK GmbH.
- Müller, F., Hanfstingl, B. & Andreitz, I. (2007). *Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern: Adaptierte und ergänzte Version des Academic Self-Regulation Questionnaire (SRQ-A) nach Ryan & Connell*. Wissenschaftliche Beiträge aus dem Institut für Unterrichts- und Schule. Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität.
- Nachwuchsbarometer. (2009). *Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften*. München/Düsseldorf: catech, VDI.
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*. Dissertation. Kiel.
- Reiss, M. & Mujtaba, T. (2017). Should we embed careers education in STEM lessons? *The Curriculum Journal*, 28(1), S. 137-150.
- Schwarzer, S. & Itzek-Greulich, H. (03 2015). Möglichkeiten und Wirkungen von Schülerlaboren: Vor- und Nachbereitung zur Vernetzung mit dem Schulunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht: Chemie*, 26(3), S. 8-13.
- Streller, M. (2015). *The educational effects of pre and post-work in out-of-school*. Dissertation.
- Taskinen, P., Schütte, K. & Prenzel, M. (2013). Adolescents' motivation to select an academic science-related career: the role of school factors, individual interest, and science self-concept. *Educational Research and Evaluation*, 19(8), S. 717-733.
- Weißnigk, S. (2013). *Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten*. Dissertation. Kiel.



Martin Lindner<sup>1</sup>  
Lukas Hursie<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Martin-Luther-Universität Halle-  
Wittenberg

## **Langzeitwirkungen von Science Camps (MINT-Sommer-Camps)**

### **Zusammenfassung**

Seit 2010 führten wir 17 naturwissenschaftliche Sommercamps durch, die in jeweils drei thematischen Schwerpunkten in einem einwöchigen Programm in MINT einführen. Die 14-16jährigen erhalten so die Möglichkeit, sich in Freizeitatmosphäre mit für sie relevanten Themen (z.B. erneuerbare Energie, Flugobjekten, Funktion des menschlichen Körpers) zu befassen. Seit fünf Jahren sind diese Camps international mit Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus bis zu sieben verschiedenen Ländern, gezielt werden auch Geflüchtete angesprochen, die etwa 20 % der Teilnehmer und Teilnehmerinnen ausmachen. In zwei von der EU geförderten Programmen haben wir unsere Arbeiten mit internationalen Partnern abgestimmt.

Im Herbst 2017 führten wir im Rahmen einer wissenschaftlichen Hausarbeit eine online-Befragung unter den bisherigen Teilnehmer und Teilnehmerinnen durch. Sie fragten verschiedene Parameter (Interesse, Selbstbild, Motivation) ab. Von den rund 350 angeschriebenen Ehemaligen erhielten wir 101 vollständige Fragebögen. Die Ergebnisse werden in diesem Artikel vorgestellt.

### **Besonderheiten von Science Camps**

Die besondere Atmosphäre eines Science Camps wird durch verschiedene Faktoren hervorgerufen: die besondere Location, die intensive Begleitung durch motivierte Trainer, eingebettete Besuche in Forschungs- und Technologie-Einrichtungen, eine Freizeitatmosphäre und genug Zeit, um ausführliche Erkenntniswege gehen zu können

Dabei ist es für uns wichtig, die Fragestellungen des Science Camps offen und aus dem Interessengebiet der Schülerinnen und Schüler zu gestalten, im Sinne des IBSE-Ansatzes (Zusammenfassung bei Riga et al., 2017). Hierbei ermöglicht die vergleichsweise lange und frei gestaltete Zeit, einen tieferen Einblick in naturwissenschaftliches Arbeiten zu gewinnen, als es im Klassenraum möglich ist. Der Besuch von Forschungseinrichtungen und technischen Anlagen gewährt eine Praxiseinsicht, die von den Begegnungen mit dort arbeitenden Menschen ergänzt wird. Sie geben bereitwillig Auskunft über ihren eigenen Werdegang und können so zu Rollenmodellen werden.

### **Bisherige Forschungsarbeiten**

Die Wirkung von außerschulischen Lernorten im MINT-Bereich ist bisher vor allem in Schülerlaboren untersucht worden (etwa Pawek, 2009; Wessnick, 2013). Im Rahmen der von uns koordinierten EU-Projekte entstanden zwei Dissertationen, eine in Odense (Ahrenkiel, 2017) und eine in Halle (Bindel, 2017). Diese Arbeiten zeigen, dass die außerschulische Lernorte und Science Camps eine erwünschte Wirkung auf die Einstellung zu Berufen im naturwissenschaftlichen Bereich haben.

Ahrenkiel (2017) zeigt, dass die post-Antworten auf Items wie „I like learning about topics and phenomena within science“ oder „I could see myself having a job within the scientific area (physics, chemistry, biology, engineering, ...)“ häufiger gewählt werden als im Pre-test. Bindel konnte verfolgen, dass auch die Kompetenzen in Mathematik (fokussiert auf das Verständnis von Funktionen) durch Science Camps gefördert werden. Werden diese explizit angesprochen, so ist besonders eine Steigerung der anspruchsvolleren mathematischen

Operationen zu verzeichnen (Bindel, 2017). Diese Ergebnisse beziehen sich jedoch auf relativ kleine Stichproben.

### Forschungsfragen

Nach den allgemeinen Ergebnissen zu außerschulischen Lernorten und den speziell an Teilnehmerinnen und Teilnehmern von Science Camps gewonnen Ergebnissen wollten wir herausfinden, ob sich in unserer großen Kohorte ähnliche und vor allem stabile Effekte nachweisen lassen.

Die Forschungsfragen waren folglich (Hursie, 2018):

(1) Wird das Interesse an Naturwissenschaften geweckt, indem es kurzfristig ein aktuelles Interesse weckt, das sich längerfristig manifestiert und schließlich zu einem dominierenden Persönlichkeitsmerkmal (im Sinne der Meinung, Bewertung etc.) reifen kann?

(2) Kann das Science Camp, aufgrund seiner Rolle als Bindeglied zwischen Theorie und Praxis im Bereich MINT (v.a. Naturwissenschaften und Technik), entscheidend Einfluss auf die Zukunftsplanung der Teilnehmer nehmen?

### Methodisches Vorgehen

Von den rund 600 Teilnehmern und Teilnehmerinnen, von denen einige mehrfach (bis zu fünfmal) an den Camps teilgenommen hatten, lagen 365 Email-Adressen aus den Jahren 2010-2017 vor. Sie wurden per Mail kontaktiert und gebeten, einen online Fragebogen auszufüllen. 101 online-Fragebögen liefen ein. Der Fragebogen umfasst Themenkomplexe zu Interesse (Prenzel et. al, 1986), zum Selbstkonzept (Shavelson et al., 1976) und der Einschätzung des Camps und der Berufswahl (u.a. Pawek, 2009). Insgesamt enthält der Fragebogen 40 Items in geschlossenen und offenen Formaten.

### Ergebnisse

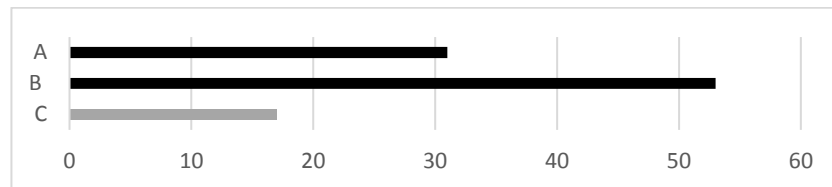


Abb. 1 Angaben, wie der Einfluss des Science Camps auf die naturwissenschaftlichen Interessen von den Teilnehmern und Teilnehmerinnen subjektiv empfunden wurde. Zusammenfassende Darstellung aus 101 Antworten. A: Bestätigung des bestehenden Interesses, B: Verstärkung des Interesses (besseres Verständnis, Alltagsbezug, Forschung, Verbindung von Theorie und Praxis, Kultur) C: kein/kaum Einfluss

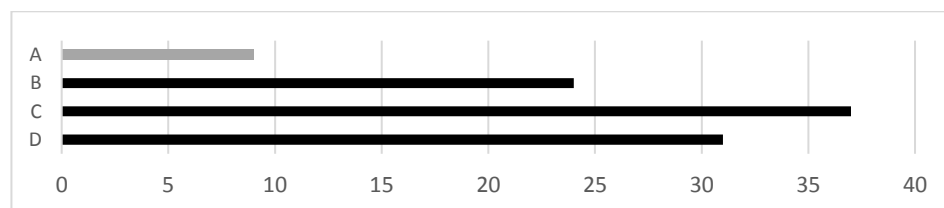


Abb. 2 Nennungen, ob das Science Camp Einfluss auf die individuelle Zukunftsgestaltung genommen hat (N=101) D: Nein, C: Beruf/Studium stand bereits fest, wurde aber durch das Science Camp bestätigt, B: Ja, Science Camp als entscheidender Faktor um die Zukunft in eine MINT-Orientierung zu lenken, A: noch unentschlossen in Zukunftsplanung

| Aktuelle Tätigkeit       | n  | n      | n  | Tätigkeitsbereich der Studierenden und Auszubildenden |
|--------------------------|----|--------|----|-------------------------------------------------------|
| Schülerinnen und Schüler | 64 |        |    |                                                       |
| Auszubildende            | 4  | 35,    | 23 | Naturwissenschaftliche Berufe                         |
| Studierende              | 31 | davon: | 12 | Andere Berufe                                         |

*Tab. 1 Aktuelle Tätigkeit der Befragten (N=101)*

### Diskussion

Resultierend aus den Ergebnissen kann die erste Forschungsfrage bejaht werden. Dies belegt sowohl die Skala der manifestierten Interessenhandlung als auch die in Abb. 1 dargestellten Ergebnisse. Aufgrund eines Mittelwertes von 4,05 in der hier nicht wiedergegebenen Skala von 1 (Ablehnung) bis 5 (Zustimmung) ist ersichtlich, dass sich die ehemaligen Teilnehmer und Teilnehmerinnen nach dem Science Camp weiter mit den behandelten Themen beschäftigen und so ihr dispositionales Interesse manifestiert haben.

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden die ehemaligen Teilnehmer und Teilnehmerinnen direkt befragt, ob sie sich aufgrund des Camp-Besuches zu einem naturwissenschaftlichen Studium entschieden haben. Insgesamt gaben 59 von den 101 Befragten an, dass das Science Camp ein wichtiger Einflussfaktor für ihre Berufswahl war. Davon teilten wiederum 37 Probanden mit, dass für sie das Science Camp die Möglichkeit bot, den bereits feststehenden Berufswunsch zu bestätigen. Demzufolge kamen sie bereits mit einem bestehenden Interesse an Naturwissenschaften in das Camp, das dort aktualisiert wurde. Die Charakteristik des außerschulischen Lernorts schaffte es durch die Theorie-Praxis-Verbindung, empirische Forschung und ein erkenntnis- und erlebnisorientiertes Lernen, den Schülern einen persönlichen Bezug zu den Naturwissenschaften zu ermöglichen und damit das Interesse zu aktualisieren und als manifestierter Persönlichkeitsbereich Einfluss auf die individuelle Zukunft zu nehmen. Die restlichen 22 Probanden stimmten der Aussage voll zu, dass sie sich aufgrund des Science Camps für ein naturwissenschaftliches Studium entschieden hatten.

Das sind aus Sicht der Studie die interessantesten Teilnehmer und Teilnehmerinnen. Bei ihnen gelang es, innerhalb einer Woche ein großes Interesse für die Naturwissenschaften aufzubauen, das sich langfristig gesehen auch manifestiert hat. Damit hat sich mehr als die Hälfte aller Probanden aufgrund des Science Camps auch tatsächlich für ein naturwissenschaftliches Studium oder eine naturwissenschaftliche Berufsausbildung entschieden. Deutlicher kann man die Effektivität und Bedeutung des Camps als wichtiger Bestandteil des MINT Netzwerkes nicht ausdrücken.

Um die Auswirkungen unabhängig von dem subjektiven Empfinden wieder zu objektivieren, wurden die aktuellen Tätigkeiten der Befragten analysiert (Tab 1). Unter den 101 Probanden sind aktuell 31 Studierende unterschiedlicher Fachrichtungen, von denen sich 21 Studiengänge in den MINT-Bereich einordnen lassen. Dies bedeutet, dass zwei Drittel der ehemaligen Teilnehmer und Teilnehmerinnen, die mittlerweile studieren, sich auch für ein naturwissenschaftliches Studium entschieden haben. Bei den Ausbildungsberufen entschieden sich zwei von vier Auszubildenden für eine MINT-Richtung.

### Ausblick

Zur Vertiefung der Auswertung soll ein Vergleich von Fragebogenantworten aus den jährlichen Befragungen mit den Angaben im Online-Fragebogen angefertigt werden, der über die Abgleichung der individuellen Codes möglich ist. Weiterhin sind vertiefende Interviews mit einzelnen Teilnehmern und Teilnehmerinnen geplant, um beispielsweise eine Abwägung von Freizeitatmosphäre, Betreuungsangebot und Fachangebot zu ermöglichen. Schließlich soll auch der Einfluss der Mitarbeit im Science Camp auf die betreuenden Studierenden in einer Studie erfasst werden.

### **Literatur**

- Ahrenkiel, L. (2017). Science Camps: Aspekter af deltageres og underviseres udbytter af Science Camp. Dissertation Odense: Syddansk Universitet. Det Naturvidenskabelige Fakultet.
- Bindel, L. (2017). Effects of integrated learning: Explication of a mathematical concept in inquiry-based science camps. Logos.
- Hursie, L. 2018: Langzeituntersuchung von Teilnehmern an Science Camps hinsichtlich der MINT-Orientierung, Staatsexamensarbeit, Uni Halle, 106 S.
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessenfördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertation. Uni Kiel.
- Prenzel, M., Krapp, A. & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. Zeitschrift für Pädagogik, 32, 163-173 In: Krapp, A. und Prenzel, M. (Hrsg.) (1992). Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung. Münster. Aschendorff.
- Riga F., Winterbottom M., Harris E., Newby L. (2017) Inquiry-Based Science Education. In: Taber K.S., Akpan B. (eds) Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education. SensePublishers, Rotterdam
- Shavelson, R.J., Hubner, J.J. & Stanton, G.C. (1976). Self-concept: validation of construct interpretations. Review of Educational Research, 46, 407-444
- Wessnick, S. (2013). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten. Diss Univ. Kiel.

### **Dank an die Unterstützung durch**

- Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Schleswig-Holstein
- Saalesparkasse Halle
- Bayer Science & Education Foundation, Leverkusen
- Erasmus plus Förderung 2014-1-DE01-KA203-000694
- Comenius Network Förderung 527525-LLP-1-2012-1-DE-COMENIUS-CNW

Jens-Peter Knemeyer<sup>1</sup>  
 Ilka Bickmann<sup>2</sup>  
 Nicole Marmé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg  
<sup>2</sup>science2public e.V.

## **Zukünftige Arbeitswelten aus Sicht der Jugendlichen von heute**

### **Einleitung**

Die zunehmende Digitalisierung und Globalisierung führen zu rasanten Veränderungen unserer Gesellschaft. Dies gilt für alle Bereiche von der Medizin bis hin zur Freizeitgestaltung. Insbesondere sind die zukünftigen Arbeitswelten und somit die Anforderung an die Berufsvorbereitung - sei es in der Schule, im Studium oder in der Ausbildung - betroffen. Von führenden Arbeitsmarktexperten werden nicht mehr Fleiß, Pünktlichkeit, Fehlerfreies Arbeiten, sondern Problemlösefähigkeit, kritisches Denken, Kreativität und soziale Kompetenzen und IT-Kompetenzen als wichtigste Fähigkeiten genannt (HR Future-Trends, 2016). Im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2018 „Arbeitswelten der Zukunft“ befasst sich das BMBF-geförderte Projekt „Foresight4Youth“ mit den Zukunftsvorstellungen von Jugendlichen, insbesondere ohne akademischen Hintergrund. Die Zielgruppe des Projektes sind überwiegend Jugendliche, die nach Sinusstudie als „Prekäre“ eingestuft werden (Calmbach 2016). Hauptziel ist es, diese Jugendlichen für ein gemeinsames Zukunftsdenken, Zukunftsvisualisieren und Zukunftsgestalten in den MINT-Arbeitswelten von morgen zu gewinnen. In Zusammenarbeit mit Kunst- und TheaterpädagogInnen sowie Medienschaffenden entwerfen die Jugendlichen in unterschiedlichen Workshops Konzepte, Bilder und Visionen ihrer Arbeitswelt von morgen. Die entstehenden Produkte werden in der *DASA Arbeitswelten Ausstellung* in Dortmund einem breiten Publikum zugänglich gemacht, um entsprechende Diskussionen anzuregen. Wissenschaftliches Ziel des Projektes ist es, Methoden, Instrumente und Formate zu entwickeln und zu evaluieren, die Einblicke in die Vorstellungen der Jugendlichen zu zukünftigen Arbeitswelten ermöglichen. Dabei soll auch untersucht werden, in wie weit diese Methoden geeignet sind, die Jugendlichen für Fragen zu Wissenschaft, Forschung und Gesellschaft zu interessieren und zu eigenverantwortlicher Mitgestaltung an Zukunftsfragen konkret in Bezug auf zukünftige Arbeit zu motivieren.

### **Durchführung und Ergebnisse**

In der ersten Projektphase haben insgesamt ca. 70 Jugendliche in Dortmund an einem Workshopangebot teilgenommen, 20 bei der *Caritas* und 50 bei der *Dobeq* (Dortmunder Bildungs-, Entwicklungs- und Qualifizierungsgesellschaft). Bei der *Caritas* wurde mit der gesamten Gruppe ein dreitägiger Kurs, jeweils von 8-12 Uhr zum Thema Handyfilm durchgeführt. Bei der *Dobeq* (ebenfalls drei Vormittage 8-12) haben sich die Jugendlichen in sechs Workshops aufgeteilt. Im „RAP“-Workshop wurden zwei Songs getextet und aufgenommen. In kleine Holzboxen wurden im Workshop „Miniaturwelten“ Visionen der Arbeitswelt von morgen modellhaft nachgebaut. Im Workshop „Siebdruck“ konnten Slogans und Abbildungen über das Siebdruckverfahren gestaltet werden. Plastische Kunstwerke zum Thema wurden im Workshop „Objektkunst“ angefertigt. Außerdem wurden zwei weitere Workshops zum Thema Handy angeboten. In einem wurden Trickfilme mit der Stop-Motion-Technik aufgenommen, im anderen wurde eine Reportage gedreht. Die einzelnen Workshops sind unter „[www.foresight4youth.com/sommerwerkstatt/](http://www.foresight4youth.com/sommerwerkstatt/)“ näher beschrieben. Alle TeilnehmerInnen wurden zu Beginn mittels Fragebogen zu ihrem sozialem Hintergrund, Freizeitgestaltung, Einstellung zu Zukunftsthemen und Meinungen zur zukünftigen Arbeitswelt befragt. Nach Abschluss der Workshops wurden sie erneut zu Zukunftsthemen und Arbeit befragt; zusätzlich konnten sie die Workshops beurteilen.

Insgesamt haben 60 Jugendliche (30 männlich, 30 weiblich) an der Eingangsbefragung teilgenommen. Im Folgenden werden einige Ergebnisse zusammengefasst. Die Altersstruktur zeigt, dass die meisten (80 %) TeilnehmerInnen 18-24 Jahre alt sind, 20 % sind teilweise deutlich älter (bis 51 Jahre) und fallen somit nicht unter „jugendlich“. 75% der TeilnehmerInnen haben die deutsche Staatsangehörigkeit, von denen nur wenige einen Migrationshintergrund aufweisen. Ein Viertel der TeilnehmerInnen kommt aus anderen Staaten (Syrien, Albanien, Irak, Türkei, Italien, Spanien und Bangladesch) und sind schon mindestens seit zwei Jahren in Deutschland, so dass in den meisten Fällen eine Verständigung möglich war.

Um qualifiziert über Zukunftsentwicklungen nachdenken zu können, ist ein Interesse und Wissen über aktuelle Entwicklungen wichtig. Deshalb wurden die Jugendlichen zum „Lesen von Nachrichten“ befragt. Je ca. ein Drittel gibt an keine (29%), nicht jeden Tag (39%) bzw. täglich (32%) Nachrichten zu lesen. Dazu kommen überwiegend elektronische Hilfsmittel (Smartphone 92%, PC 36%, Tablet 17%) zum Einsatz, während klassische Printmedien nur von 20% der Befragten genutzt werden. Bei der Frage nach den Nachrichtenquellen haben Soziale Medien (Facebook 43%, Instagram 20%, WhatsApp 17%) eine herausragende Stellung. Alle lokalen Tageszeitungen zusammen erreichen 17% der Befragten.

Die Jugendlichen nutzen das Internet generell sehr ausgiebig. 71% geben eine Nutzungsdauer von mehr als vier Stunden täglich an, weitere 15% 2-4 Stunden. Nur 7% nutzen das Internet nicht täglich; „keine Internetnutzung“ wird nicht angegeben. Die Jugendlichen verwenden das Internet für *Soziale Medien* (75 %), *Unterhaltung* (62 %), *Informationsbeschaffung* (55 %), *Spiele* (48 %), *Einkaufen* (35 %) und *Lernen* (23 %).

Generell kann festgestellt werden, dass die Workshops von den Jugendlichen angenommen wurden, was sich in der durchschnittlichen Gesamtnote 2,08 (Schulnote von 1 bis 6) widerspiegelt. Im Einzelnen: Handy-Workshops (Dobeq) 1,67; Handy-Film (Caritas) 1,76; Objektkunst 2,0; Miniaturwelten 2,0; RAP 2,2 und Siebdruck 3,1. Die relativ schlechte Bewertung des Siebdrucks kann bei genauerer Analyse der Daten und Rückmeldungen größtenteils auf die dort getroffenen „Pausenregelungen“ zurückgeführt werden und ist nicht in den Workshop-Inhalten begründet. Insgesamt werden die einzelnen Workshops auch in den Einzelpunkten relativ ähnlich bewertet, so dass für die folgende Darstellung (Abb. 1) die Datensätze aller Workshops zusammengefasst wurden. Die Rückmeldungen der TeilnehmerInnen zeigen, dass sie interessiert und gerne in dem jeweiligen Workshop gearbeitet haben, was sich mit den Beobachtungen und Rückmeldungen der KursleiterInnen deckt. Sie hätten mehrheitlich gerne noch an dem Thema weitergearbeitet, wobei eine Verlängerung der Workshops in den Nachmittag deutlich abgelehnt wird. Die TeilnehmerInnen geben auch an, dass sie gerne und effektiv in der Gruppe gearbeitet haben und dies der Einzelarbeit vorziehen, was vor dem Hintergrund gesehen werden muss, dass es nach Aussagen von KursleiterInnen bei den Jugendlichen in Gruppenarbeiten oft ein hohes Konfliktpotenzial gibt. Des Weiteren kann festgestellt werden, dass die Jugendlichen einen Workshop vor Ort (in den jeweiligen Einrichtungen) bevorzugen und nur ungerne woanders hinfahren würden. Obwohl die TeilnehmerInnen mehrheitlich angeben, dass ihnen der Workshop geholfen habe, über die Zukunft nachzudenken, können bei einer Prä-Post-Befragung keine signifikanten Unterschiede in Einstellungen bezüglich der zukünftigen Arbeitswelten festgestellt werden. In dieser Befragung wurden die Jugendlichen vor und nach Teilnahme an den Workshops beispielsweise zu folgenden Aussagen befragt (4er Likert-Skala):

„Ich mache mir viele Gedanken über meine persönliche/berufliche Zukunft“; „In meinem zukünftigen Beruf sind Computerkenntnisse/Programmierkenntnisse wichtig“; „Mein Beruf könnte von Robotern übernommen werden“; „Kommunikationsfähigkeit/Fähigkeit Probleme zu lösen/Pünktlichkeit/Genauigkeit/Fleiß/Teamfähigkeit ist für mein zukünftiges Arbeitsleben wichtig“. In keinem der Punkte konnten signifikante Unterschiede zwischen

der Prä- und Post-Befragung gefunden werden. Interessant ist allerdings, dass die Jugendlichen Fleiß, Genauigkeit, Pünktlichkeit als deutlich wichtiger erachten als Computer- oder Programmierkenntnisse. Auch haben sie kaum Sorge, dass ihr Beruf durch Roboter ersetzt werden könnte.

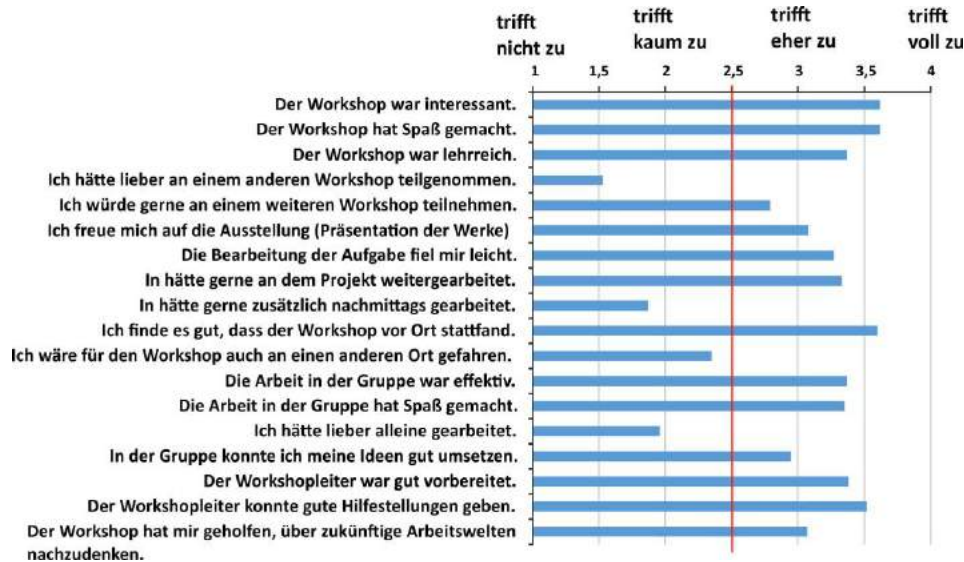


Abb.1. Beurteilung der Workshops (alle Datensätze zusammengefasst, N = 61)

### Fazit und Ausblick

Die untersuchte Gruppe der Jugendlichen zeigt, dass sie stark auf elektronische Medien (Smartphone) fixiert sind und einen großen Teil ihrer Freizeit im Internet verbringen. Dies wird durch hier nicht gezeigte Daten zur Freizeitgestaltung noch unterstützt. Ebenfalls wurde der regelmäßige Gebrauch von „Online-Diensten“ erfasst (Daten noch nicht publiziert). Beispielsweise nutzen über 90% WhatsApp, aber weniger als 50% E-Mail-Programme. Daraus ergibt sich, dass eine effektive Kommunikation mit den Jugendlichen am ehesten über WhatsApp laufen könnte. Für die Verbreitung von Inhalten bieten sich Facebook, Instagram und YouTube an. Die Untersuchung der Workshops zeigt, dass ein medial-künstlerischer Ansatz mit niedriger fachlicher Schwelle ein geeignetes Mittel ist, die Jugendlichen zu erreichen. In Einklang mit den Interessen der Jugendlichen kommt der Einsatz des Smartphones besonders gut an, so dass dies auch ein Zugang für Angebote mit schwierigerem fachlichem Inhalt sein könnte.

### Danksagung

Den Mitarbeitern der Dobeq und der Caritas wird für die gute Zusammenarbeit und vielfältige Unterstützung gedankt. Für die finanzielle Förderung gilt der Dank dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen 01WJ1819B).

**Literatur**

- Calmbach, M., Borgstedt, S., Borchard, I., Thomas, P.M., Flaig, B.B. (2017). Wie ticken Jugendliche 2016? (S.33 ff). Berlin: Springer-Verlag.
- HR Future-Trends (2016) <https://futability.wordpress.com/2018/05/09/die-digitalisierung-der-deutschen-tugenden/>, Zuletzt aufgerufen 15.10.2018



## Die chemiebezogene Berufswahl von Lernenden im Quer- und Längsschnitt

Im Rahmen einer Studie zu Einflussfaktoren auf eine chemiebezogene Berufswahl von Schülerinnen und Schüler der Schulstufen 8, 10 und 11 konnte gezeigt werden, dass die chemiebezogene Berufswahl in der Oberstufe vor allem durch Imagefaktoren beeinflusst wird (vgl. Spitzer, 2017 & 2018). Anstatt des erwarteten chemischen Selbstkonzepts, haben das Image des Chemieunterrichts und das Image der im chemischen Bereich tätigen Personen einen entscheidenden Einfluss auf die Berufswahl. Auch Bertels (2015) konnte den Einfluss des Prototyps einer Chemikerin oder eines Chemikers auf die chemiebezogene Berufswahl bei Hauptschüler/-innen zeigen. Die Ergebnisse der eigenen Querschnittsbefragung deuteten zudem an, dass sich das Image des Chemieunterrichts im Laufe der Schulzeit möglicherweise sogar verschlechtert. Daher wurden von den damals befragten 642 Schüler/-innen der Jahrgangsstufe 8 nach drei Jahren (2018) 171 (88 Schülerinnen (52%) und 83 Schüler (48%)) erneut als Längsschnittuntersuchung befragt. Die Stichprobe entspricht 31,8% der 2015 erstmals befragten Schüler/-innen der Jahrgangsstufe 8. Im vorliegenden Beitrag werden insbesondere die längsschnittlichen Untersuchungen der Images der Chemie und des Chemieunterrichts sowie die Relation zwischen Selbstbeschreibung und Prototypenbeschreibung betrachtet und mit den Befunden des Querschnitts verglichen.

### Theoretische Grundlagen

Die Items zur Testung des Images von Chemie und Chemieunterricht wurden einer Untersuchung von Weißnigk und Euler (2014) entnommen. Im Rahmen einer Interventionsstudie am industrienahen Schüler/-innenlabor Baylab konnten sie das im Vergleich zur Wissenschaft Chemie signifikant schlechtere Image des Chemieunterrichts aufzeigen.

Esch und Grosche (2011) fanden im Rahmen ihrer Forschungen zum gesellschaftlichen tradierten Image von naturwissenschaftlicher Fächer heraus, dass die Entscheidung junger Frauen gegen technische Berufe und Studiengänge nicht auf Wissen über den entsprechenden Beruf beruht, sondern vielmehr vom wenig attraktiv erscheinenden Berufsimagen geprägt ist. Basierend auf dem Konzept des *Prototype Matching* von Niedenthal et al. (1985) befragten Hannover und Kessels (2002) Schülerinnen zu deren Vorstellungen von Ingenieur/-innen und Physiker/-innen. Die Wissenschaftlerinnen konnten signifikante Unterschiede zwischen der Selbstbeschreibung der Schülerinnen und deren Vorstellungen von in diesen Bereichen tätigen Personen feststellen. Um den eigenen Fragebogen testökonomisch zu gestalten, wurden aus den 40 Items von Hannover und Kessels nur solche übernommen, die einen deutlichen Unterschied zwischen Selbstbeschreibung und Prototypenbeschreibung aufzeigten, zugleich sich aber in Bezug auf Ingenieurberuf und Physikberuf nicht wesentlich unterschieden (vgl. Spitzer, 2017, S. 83f).

### Image von Chemie und Chemieunterricht im Längsschnitt

Das Image von Chemie als Wissenschaft und Chemieunterricht sind in Abbildung 1 dargestellt. Aufgetragen sind die Mittelwerte der semantischen Differentiale der Längsschnittbefragung der Schüler/-innen der Jahrgangsstufe 8 im Jahr 2015 und Jahrgangsstufe 11 im Jahr 2018.

Das Image des Chemieunterrichts liegt im neutralen bis leicht positiven Skalenbereich und verändert sich im Laufe der Schulzeit nicht signifikant mit Ausnahme der Einschätzung der Adjektive „statisch“ und „unkreativ“ (jeweils einseitig signifikante Unterschiede). Im Gegensatz zum Chemieunterricht wird die Chemie als Wissenschaft insgesamt signifikant positiver bewertet. Im Laufe der Schulzeit verbessert sich das Image der Wissenschaft zudem signifikant, sodass sich der Abstand zwischen dem Image des Chemieunterrichts und dem der Wissenschaft vergrößert.

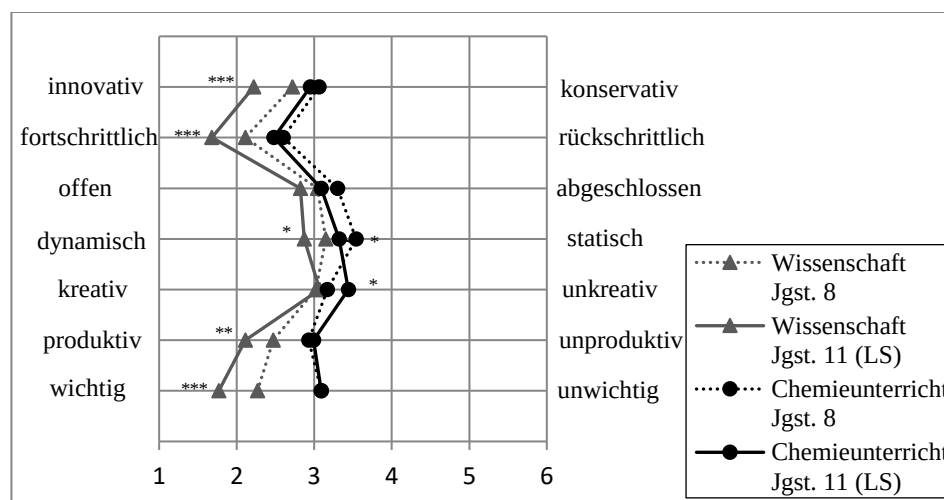


Abb. 1: Vergleich Image des Chemieunterrichts und Image der Wissenschaft Chemie. Markiert wurden signifikante (\*), hoch signifikante (\*\*) und höchst signifikante (\*\*\*) Unterschiede zwischen Jahrgangsstufe 8 und 11.

Beim Vergleich der Befragungen der Schüler/-innen der Jahrgangsstufe 11 im Querschnitt und Längsschnitt zeigt sich im Längsschnitt eine leichte signifikant positivere Sicht des Chemieunterrichts, während die Chemie als Wissenschaft unverändert positiv wahrgenommen wird.

### Selbstbeschreibung und chemischer Prototyp im Längsschnitt

Anhand von Adjektiven und einer siebenstufigen Likert-Skala wurden die Teilnehmenden der Studie zunächst gebeten sich selbst und dann eine im chemischen Bereich tätige Person zu beschreiben. Die jeweiligen Mittelwerte sind in Abbildung 2 im Vergleich der Jahrgangsstufen 8 und 11 der Längsschnittuntersuchung dargestellt.

Sehr gut zu erkennen ist die deutliche und signifikante Differenz zwischen der Selbstbeschreibung der Schüler/-innen und der Beschreibung des Prototyps sowohl in Jahrgangsstufe 8 als auch in Jahrgangsstufe 11 (hier stellen die Adjektive „ehrgeizig“ und „überlegen“ die einzige Ausnahme dar). Die Einschätzung der Adjektive „klug“, „intelligent“, „gebildet“, „ehrgeizig“ und „logisch denkend“ bleibt sowohl bei der Selbstbeschreibung als auch der Beschreibung des Prototyps über die Schullaufbahn unverändert. Die größte Differenz zwischen Selbstbeschreibung und Prototyp besteht bei den oft als „Soft-Skills“ bezeichneten Adjektiven wie „einfühlsam“, „gefühlbetont“, „sanft“, „weichherzig“ und „feinfühlig“ ersichtlich.

Im längsschnittlichen Vergleich zeigen sich nur einzelne signifikante Veränderungen in der Selbstbeschreibung der Schüler/-innen. So beschreiben sich die Schüler/-innen in der Jahrgangsstufe 11 als signifikant einfühlsamer und romantischer und signifikant weniger

überlegen als noch in der Jahrgangsstufe 8. Bei der Beschreibung des chemischen Prototyps wird dieser als signifikant weniger „ehrgeizig“, „wichtigtuierisch“ und „überlegen“ beschrieben, jedoch auch als signifikant weniger „einfühlsam“ und „gefühlbetont“.

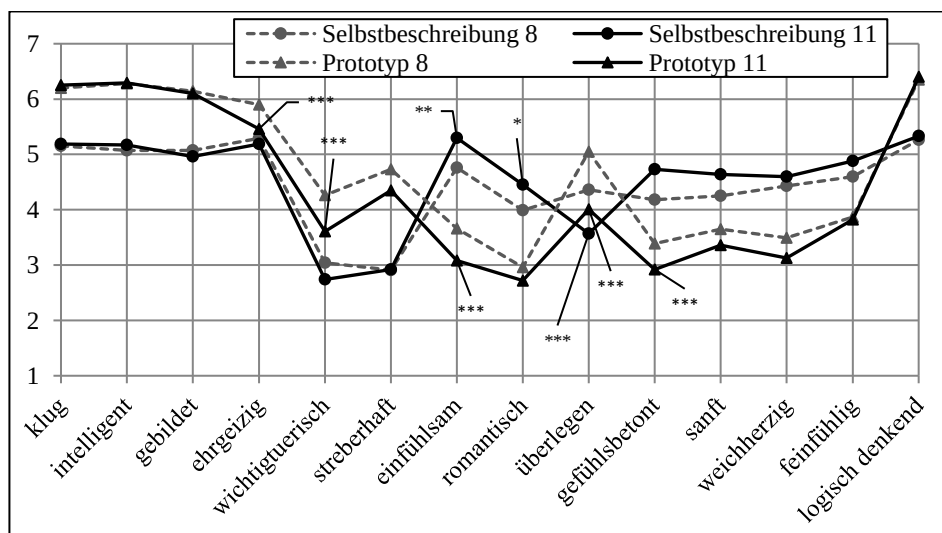


Abb. 2: Vergleich von Selbstbeschreibung und der Prototypenbeschreibung einer im chemischen Bereich tätigen Person im Längsschnitt (1 = stimme nicht zu bis 7 = stimme voll zu; signifikante Unterschiede zwischen Jgst. 8 und 11 wurden entsprechend der Signifikanz des Unterschieds mit \* markiert)

Die Veränderungen beider Beschreibungen führen dazu, dass sich die Distanz zwischen Prototyp und Selbstbeschreibung während der Schulzeit insgesamt vergrößert. Diese ist vor allem auf eine weniger negative Bewertung der Adjektive bei der Beschreibung des Prototyps zurückzuführen.

### Zusammenfassung

Die Untersuchung der Images von Chemieunterricht und Wissenschaft steht mit den Ergebnissen von Weißnigk und Euler (2014) in Einklang. Eine aufgrund der ersten Befragung vermutete Verschlechterung des Images des Chemieunterrichts im Laufe der Schulzeit kann nicht bestätigt werden. Dennoch wird der Chemieunterricht im Vergleich zur Wissenschaft von den Schüler/-innen signifikant schlechter bewertet.

Der Vergleich von Selbstbeschreibung und Beschreibung eines chemischen Prototyps lässt ähnliche Tendenzen wie die Befunde von Hannover und Kessels (2002) zu Prototypen aus der Physik und dem Bereich der Ingenieurwissenschaften erkennen. Während der Abstand bei in Zusammenhang mit Intelligenz stehenden Adjektiven im Verlauf der Schulzeit unverändert bleibt, vergrößert er sich im Bereich der „weichen“ Adjektive wie beispielsweise „einfühlsam“ oder „romantisch“.

Die Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit das Image von Fach und der im chemischen Bereich tätigen Personen stärker in den Fokus der Forschung und des Chemieunterrichts zu rücken. Insbesondere das Image der im chemischen Bereich tätigen Personen basiert oftmals nicht auf persönlichen Erfahrungen, sondern gesellschaftlich tradierten Berufsbildern. Hier kann der Kontakt zu Chemiker/-innen helfen ein realistischeres Bild zu entwickeln.

### Literatur

- Bertels, N. (2015). Unterrichtsrelevante Einflussfaktoren auf chemiebezogene Berufswahlabsichten als Meinungsbild von Jugendlichen. Eine empirische Studie über fachbezogene Entwicklungsaufgaben, Selbst-Prototypen-Abgleich, chemiebezogenen Fähigkeitsselbstkonzept und motivationales Lernklima im Chemieunterricht. Dissertation. Freie Universität Berlin
- Esch, M. & Grosche, J. (2011). Fiktionale Fernsehprogramme im Berufsfindungsprozess – Ausgewählte Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Jugendlichen. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Referat Chancengleichheit in Bildung und Beruf (eds.), MINT und Chancengleichheit in fiktionalen Fernsehformaten. Bonn, Berlin, 16-31
- Hannover, B. & Kessels, U. (2002). Challenge the science-stereotype. Der Einfluss von Technik-Freizeitkursen auf das Naturwissenschaften-Stereotyp von Schülerinnen und Schülern. In M. Prenzel & J. Döll (Eds.), Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen (Beiheft. 45). Weinheim: Beltz, 341–358
- Niedenthal, P. M., Cantor, N., & Kihlstrom, J. F. (1985). Prototype matching: A strategy for social decision making. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48(3), 575-584
- Spitzer, P., Gröger, M. (2018). Einflussfaktoren auf chemiebezogene Berufswahlabsichten von Schülerinnen und Schülern. CHEMKON. DOI:10.1002/ckon.201800015
- Spitzer, P. (2017). Untersuchungen zur Berufsorientierung als Baustein eines relevanten Chemieunterrichts im Vergleich zwischen Mittel- und Oberstufe sowie Darstellung des Chem-Trucking-Projekts als daraus abgeleitete Interventionsmaßnahme für den Chemieunterricht. Universität Siegen, Siegen: Universität Siegen
- Weßnigk, S. & Euler, M. (2014). Wie die Produktion von Eierlöffeln das Image von Chemie und Physik verändern kann. CHEMKON, 21 (3), 123–128

Simon Hütz  
 Sebastian Staacks  
 Christoph Stampfer  
 Heidrun Heinke

RWTH Aachen

## Umsetzung von Lehrinnovationen zur Experimentalphysik

### Ausgangslage

In der Physik-Hochschuldidaktik wurden in der Vergangenheit verschiedene Ideen zur Verbesserung der Lehre erprobt. Beispiele hierfür sind der Ansatz der *Peer Instruction* (Mazur, 1997), das *Just-in-Time Teaching* (Nowak, 1999) oder die in anderen Fachkulturen bereits sehr populäre Methode des *Inverted Classroom* (Fischer & Spannagel 2012).

Durch die Verbreitung von inzwischen sehr leistungsfähigen Smartphones ergeben sich neue Ansätze zur Ausgestaltung solcher Lehrinnovationen in Experimentalphysik-Veranstaltungen. So besitzen mittlerweile über 95% der 18- bis 19-Jährigen ein Smartphone (Feierabend, Plankenhorn & Rathgeb, 2017), sodass bei Studierenden ein ähnlich hoher Anteil zu erwarten ist. Hierdurch ist es nun möglich, Smartphones systematisch in der Hochschullehre einzusetzen und damit die hauptsächlich passive Rolle der Studierenden, die diese traditionell in Vorlesungen innehaben (Klein, 2016), zu durchbrechen. Mit Hilfe der Smartphones und der in ihnen verbauten Sensoren ist es nun möglich, dass die Studierenden auch jenseits von Physikpraktika eigenständig Experimente durchführen. Dies kann prinzipiell für die Umsetzung von Innovationen in der Hochschullehre im Fach Physik ausgenutzt werden. Dies wirft die Frage auf, wie diese Umsetzung in der Breite gelingen kann, was hier am Beispiel des Einsatzes von Experimenten mit Smartphone-basierter Messwerterfassung mit der App *phyphox* durch die Studierenden im Rahmen von Vorlesungen und Übungen zur Experimentalphysik untersucht wird.

### Betrachtungsebenen

Das Gelingen von Innovationen in der Hochschullehre ist prinzipiell von zwei Personenkreisen abhängig. Einerseits müssen die Studierenden die Innovationen annehmen, und andererseits braucht es Dozierende, die sich zunächst bereiterklären müssen, eine Innovation in ihre Lehre aufzunehmen und die diese dann auch umsetzen müssen.

### Studierenden-Perspektive: Erste Ergebnisse und Ausblick

An der RWTH Aachen wurden Smartphone-basierte Experimente mit der App *phyphox* bisher in drei verschiedenen Vorlesungen zur Experimentalphysik eingesetzt, die in den Studiengängen Physik, Biologie & Biotechnologie sowie Maschinenbau verortet waren. Dabei zeigte sich, dass in Studiengängen, in denen Physik nur ein Nebenfach ist, die Bearbeitungsquote von Übungsaufgaben mit Messwerterfassung über das Smartphone deutlich geringer ausfällt als im Studiengang Physik Bachelor bzw. Lehramt (Hütz, Staacks, Stampfer & Heinke, 2018). In einer Befragung gaben Studierende des Maschinenbaus Gründe für die Nichtbearbeitung der Übungsaufgabe an, die drei größeren Kategorien zugeordnet werden konnten. Diese waren hauptsächlich ihre Studienbedingungen (Zeitmangel, nachrangige Priorität des Faches Physik) und ihre mangelnde Motivation, aber auch die experimentellen Rahmenbedingungen (fehlendes Material) (ebd.). Bei realistischer Betrachtung erscheinen nur Gründe aus der letzten Kategorie in signifikantem Umfang beeinflussbar. Aus diesem Grund werden derzeit low-cost Experimentiersets entwickelt, welche die benötigten Materialien für einige Smartphone-Experimente im Rahmen von Physik-Vorlesungen und -Übungen enthalten sollen. Solche Sets werden im WS 2018/2019 in zwei Physik-Vorlesungen an der RWTH Aachen getestet.

Tab. 1: Übersicht über die Module im Rahmen der Dozentenfortbildung und deren Einsatz in den beiden bisherigen Fortbildungsangeboten

|   | Modultitel                                           | Beschreibung                                                                                                                                                               | 2017 | 2018                 |
|---|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------|
| 1 | <i>phyphox</i> -Einführung                           | Einführender Vortrag zur App <i>phyphox</i> und ihren Möglichkeiten und Funktionen                                                                                         | ja   | ja                   |
| 2 | Workshop „Experimente mit <i>phyphox</i> “           | Experimentierstationen mit Anleitungen zum Sammeln erster eigener Erfahrungen mit <i>phyphox</i>                                                                           | ja   | ja                   |
| 3 | <i>phyphox</i> -Experimente in Vorlesung und Übung   | Vortrag zum konkreten Einsatz von <i>phyphox</i> in Vorlesungen und Übungen                                                                                                | ja   | modifiziert, siehe 6 |
| 4 | <i>phyphox</i> – Zukünftige Entwicklung & Diskussion | Vortrag über in Entwicklung befindliche bzw. geplante Funktionen von <i>phyphox</i> mit anschließender Diskussion über Verbesserungswünsche und gewünschte neue Funktionen | ja   | modifiziert, siehe 6 |
| 5 | Workshop „ <i>phyphox</i> -Editor“                   | Workshop zum Kennenlernen des <i>phyphox</i> -Editors zum Erstellen eigener Experimente                                                                                    | ja   | ja                   |
| 6 | <i>phyphox</i> -Experimente in der Hochschullehre    | Zusammenfassung der Vorträge 3 und 4 und zusätzliche Thematisierung des Einsatzes von <i>phyphox</i> im physikalischen Praktikum                                           | nein | ja                   |
| 7 | <i>User Meeting</i>                                  | Möglichkeit für <i>phyphox</i> -Nutzer, sich mit anderen (potentiellen) Nutzern über ihre eigenen Projekte auszutauschen                                                   | nein | ja                   |
| 8 | Workshop „Bluetooth-Sensoren mit <i>phyphox</i> “    | Workshop zum Kennenlernen der neu implementierten Möglichkeit, externe Sensoren über Bluetooth Low Energy in <i>phyphox</i> einzubinden                                    | nein | ja                   |

#### Ansatz auf Seiten der Dozierenden: Dozentenfortbildung

Auf der Seite der Dozierenden ist davon auszugehen, dass Dozierende in drei Kategorien eingeordnet werden können:

- A: Dozierende sind zur Implementation einer konkreten Lehrinnovation (hier von *phyphox*-Anwendungen im Vorlesungskontext) bereit und befähigt
- B: Dozierende haben Interesse am Einsatz einer Innovation, benötigen jedoch bei der Umsetzung Unterstützung
- C: Dozierende haben kein Interesse am Einsatz der Lehrinnovation

Um die Gelingenschancen des Einsatzes der App *phyphox* in der Hochschullehre bei Dozierenden der ersten beiden Kategorien zu erhöhen, wurde eine Dozentenfortbildung zum Thema „Smartphone-Experimente in Vorlesung, Übung und Praktikum“ entwickelt und bisher zweimal - im September 2017 und im September 2018 - an der RWTH Aachen durchgeführt. Ziel dieser Fortbildung ist es, interessierten Dozenten den Einsatz von *phyphox* in Vorlesung, Übung und Praktikum zu erleichtern.

Die Fortbildung ist modular organisiert. Die Inhalte der einzelnen Module der Fortbildung sind in Tabelle 1 kurz beschrieben. Durch den modularen Aufbau der Fortbildung können die Teilnehmer durch ihre eigene Entscheidung, an welchen Modulen sie teilnehmen möchten, das Angebot bestmöglich an ihre Bedürfnisse anpassen. Damit sollte eine gute Passung des Unterstützungsangebots für ein breites Spektrum von Vorkenntnissen der Teilnehmer/innen zu *phyphox*-Experimenten einerseits und Einsatzabsichten andererseits gewährleistet werden.

### Rückmeldungen zu den Fortbildungen

Im Nachgang zur Fortbildung im Jahr 2017 wurde im Juni 2018 eine Befragung der Teilnehmer aus dem Jahr 2017 durchgeführt. Mit dieser Befragung sollte zum einen herausgefunden werden, ob die Teilnehmer nach der Fortbildung *phyphox* in ihrer Lehre eingesetzt haben und ob sie weitere Anregungen haben, wie der Einsatz von *phyphox* in der Lehre erleichtert werden kann. Zum anderen wurden in Vorbereitung der Fortbildung 2018 konkrete Verbesserungsmöglichkeiten an der Fortbildung erfragt. Dabei meldeten die Teilnehmer lediglich zurück, dass sie sich mehr Zeit für das eigenständige Experimentieren gewünscht hätten. Diesem Wunsch wurde im Programm für die Fortbildung 2018 durch die Zusammenfassung zweier Vorträge und die Einführung eines Workshops zur Verwendung von Bluetooth-Sensoren entsprochen (vgl. Tabelle 1). Zudem wurden als weitere Unterstützungsangebote ein Forum zum Austausch und eine Plattform für die Bereitstellung von Materialien und Übungsaufgaben auf der *phyphox* Webseite ([www.phyphox.org](http://www.phyphox.org)) eingerichtet.

An der Befragung im Juni 2018 nahmen sechs der 23 Fortbildungsteilnehmer von 2017 teil. Diese geringe Anzahl an Rückmeldungen ist der zeitlichen Distanz zur Fortbildung geschuldet, wurde aber bewusst in Kauf genommen, da nur so die Frage nach dem konkreten Einsatz von *phyphox* in der Lehre der Teilnehmer möglich war. Hier gaben fünf der sechs Umfrageteilnehmer an, dass sie *phyphox* bereits in der Lehre eingesetzt hätten. Ein Teilnehmer antwortete mit nein und begründete dies damit, dass er keine passende Veranstaltung für den Einsatz von *phyphox* angeboten hatte.

Am Ende der Fortbildung im September 2018 wurden die Teilnehmer gefragt, ob sie sich vorstellen können, *phyphox* in ihrer Lehre einzusetzen. Bei insgesamt 18 Rückmeldungen antworteten 15 Teilnehmer, dass sie einen *phyphox*-Einsatz in ihrer Lehre planen. Zusätzlich wurden die Teilnehmer 2018 um eine Bewertung des neu eingeführten User Meeting gebeten. Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, fand der Großteil der Teilnehmer den Austausch im Rahmen des User Meetings sinnvoll. Ebenso kann sich eine Mehrheit der Teilnehmer einen eigenen Beitrag bei einem User Meeting im nächsten Jahr vorstellen.

### Fazit

Eine Dozentenfortbildung zur Erhöhung der Gelingenschancen einer Innovation scheint anhand der Rückmeldungen der Teilnehmer aus den Jahren 2017 und 2018 sinnvoll, da nach einer solchen Fortbildung viele Teilnehmer einen Einsatz der App *phyphox* in ihren Lehrveranstaltungen entweder bereits durchgeführt haben oder planen. Außerdem stößt ein Austausch im Rahmen eines User Meetings auf Akzeptanz bei den Nutzern von *phyphox* in Lehrveranstaltungen. Zudem werden low-cost Experimentiersets entwickelt und ihre Akzeptanz bei Studierenden wird erprobt.

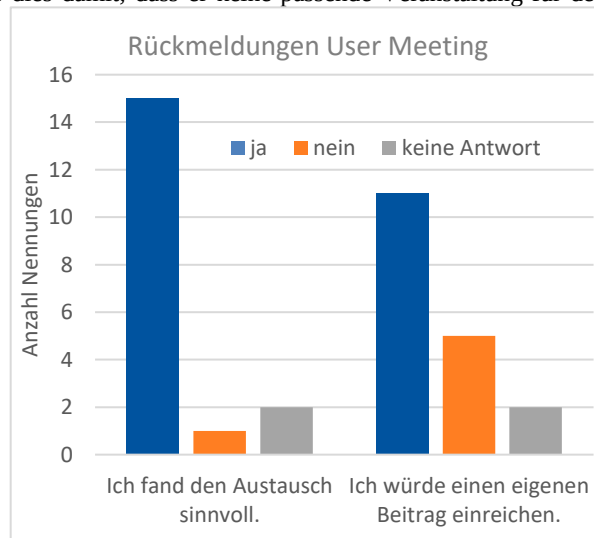


Abb. 1: Rückmeldung der Teilnehmer der Fortbildung 2018 auf die Frage, ob sie den Austausch im Rahmen des User Meetings sinnvoll fanden und ob sie sich vorstellen können, nach dem Kennenlernen dieses Formats im nächsten Jahr einen Beitrag über ihren Einsatz von *phyphox* in ihrer Lehre beizutragen.

### Literatur

- Hütz, S., Kuhlen, S., Stampfer, C., Heinke, H. (2018): Gelingensbedingungen von Innovationen in der Hochschullehre am Beispiel des Einsatzes der App *phyphox*. In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur Frühjahrstagung 1 (2018), Url: <http://www.phy-did.de/index.php/phydid-b/article/view/795/940>, In Druck.
- Klein, P. (2016). Konzeption und Untersuchung videobasierter Aufgaben im Rahmen vorlesungsbegleitender Übungen zur Experimentalphysik (Mechanik). Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern.
- Feierabend, Plankenhorn & Rathgeb (2017). JIM-Studie 2017. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs). Verfügbar unter: [https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Stu-dien/JIM/2017/JIM\\_Studie\\_2017.pdf](https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Stu-dien/JIM/2017/JIM_Studie_2017.pdf) [12. 10.2018]
- Fischer, M. & Spannagel, C., (2012): Lernen mit Vorlesungsvideos in der umgedrehten Mathematikvorlesung. In: Desel, J., Haake, J. M. & Spannagel, C. (Hrsg.), DeLFI 2012: Die 10. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V.. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.. (S. 225-236).
- Mazur, Eric: Peer Instruction: A User's Manual. London: Prentice Hall, 1997. ISBN 978-0-135-65441-5.
- Novak, Gregor M.: Just-in-time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology. London: Prentice Hall, 1999.



## Messen mit Smartphone und Tablet – und dann?

### Problemstellung

Erste Ansätze zur Auswertung der Sensoren in Smartphones und Tablets sind inzwischen zu stabilen und benutzerfreundlichen Programmen („Apps“) entwickelt worden. Der Einsatz in schulischen Kontexten oder sogar in der universitären Ausbildung wird diskutiert. Dabei ist neben der eigentlichen Aufnahme und Anzeige der Daten insbesondere die Darstellung bzw. die Auswertemöglichkeit ein wichtiges Qualitäts- bzw. Unterscheidungskriterium. Ein vielfach gewählter, gangbarer Weg ist das Vordenken möglicher Anwendungsfälle und eine dementsprechende Programmierung der Auswertung und Anzeige der Rohdaten als Messwerte. Dies lässt sich bis auf Programme/Apps für bestimmte Versuchsaufbauten herunterbrechen. Dabei ist zu bedenken, dass die Kreativität für den Einsatz und die Auswertung allein bei den Entwicklerinnen und Entwicklern liegt und Schülerinnen und Schüler oder Studierende reine Anwender sind.

Werden allerdings die Sensoren eines Smartphones oder Tablets sowie die weitere Hardware wie CPU, Speicher, Display usw. genutzt, um die Rohdaten zu loggen, kann die Auswertung in die Hände der Lernenden gegeben werden. Gegenüber anderen Datenloggern hat das Smartphone oder das Tablet den Vorteil, dass es in großer Zahl vorhanden ist, dass die Bedienelemente bekannt sind und dass es sich um ein Alltagsgerät handelt. Die Bearbeitung der Daten kann unmittelbar auf dem Gerät erfolgen. Sie können allerdings auch durch die anspruchsvolle und ausgereifte Hardware über WiFi oder Bluetooth auf andere Rechner übertragen werden.

Zur Auswertung eignen sich in den meisten Fällen Tabellenkalkulationsprogramme, die neben der Bearbeitung der Daten auch graphische Darstellungen ermöglichen. Über die eigentliche Auswertung hinaus lernen Schülerinnen und Schüler die Möglichkeiten der Verarbeitung von Daten kennen und üben diese ein. Damit wird deutlich, dass sich hier der Fokus von der Vermittlung fachlicher Kompetenzen zur Entwicklung und Festigung von anderen – wichtigen und zeitgemäßen – Kompetenzen verlagert.

Unter fachlichen Gesichtspunkten gilt es zu bedenken, dass die Auswertung großer Datenmengen, wie sie bei Verwendung eines Datenloggers anfallen, einen wichtigen Aspekt physikalischer Forschung bildet. Der Nachweis von Gravitationswellen, der Nachweis des Higgs-Bosons oder der Nachweis von Neutrinos ist neben einer innovativen Entwicklung von geeigneten Sensoren vor allem eine Frage der geschickten Auswertung großer Datenmengen. Insofern kann die Möglichkeit, die sich aus der Tatsache ergibt, dass Schülerinnen und Schüler vorhandene Smartphones als relativ einfach zu handhabende Datenlogger verwenden können, genutzt werden, um exemplarisch bestimmte wichtige Herausforderungen und Lösungen aktueller Forschung nachzuvollziehen.

### Technik

Das Android-Betriebssystem stellt die Daten der im Gerät eingebauten Sensoren zur Verfügung. Diese können als „Rohdaten“ bezeichnet werden, obwohl sie u.U. schon vom Betriebssystem aufbereitet wurden (z.B. durch die Bildung eines gleitenden Durchschnitts). Darüber hinaus werden die Rohdaten der Hardware-Sensoren durch das Betriebssystem teilweise gezielt vereinfacht bzw. miteinander verknüpft. So wird beispielsweise die

Orientierung des Device durch die Zahlen von 0 bis 3 repräsentiert, die sich aus der internen Auswertung der Rohdaten ergeben. Auch solche Werte werden vom Betriebssystem als Sensordaten behandelt bzw. bereitgestellt.

Die darauf aufbauenden Apps greifen naturgemäß unterschiedlich auf die Rohdaten zurück. Eine „Kompass-App“ nutzt nur die Daten des Magnetometers. Die für didaktische Zwecke entwickelte App „phyphox“ (vgl. [phyphox.org](http://phyphox.org)) nutzt die Werte ausgewählter Sensoren. Die in Flensburg im Rahmen des FLENSOR-Projektes entwickelte App zeigt alle vom Betriebssystem bereitgestellten und verwalteten Sensoren an und ermöglicht den Zugriff auf die Rohdaten eines gewählten Sensors. Während bei der App phyphox die GPS-Daten mit eingebunden sind, existiert im Rahmen des FLENSOR-Projektes eine zweite App, die den Zugriff auf die GPS-Daten ermöglicht. Die Begründung dafür ist, dass das Android-Betriebssystem den GPS-Empfänger formal nicht als Sensor behandelt.

In Bezug auf die Fragestellung ist die Möglichkeit der Aufzeichnung und Übertragung der Daten von Bedeutung. Phyphox stellt die aufgenommen Daten nahezu in Echtzeit in Abhängigkeit von der Zeit graphisch dar und speichert sie lokal. Die Daten können anschließend vielfältig übertragen oder geteilt werden. Die Apps des FLENSOR-Projektes speichern die Daten lokal (sie werden im Aufnahmefmodus nicht angezeigt) und übertragen sie dann mit einem automatisch generierten Dateinamen als CSV-Datei auf einen Server. Dort können sie von der Benutzerin bzw. vom Benutzer oder von anderen Zugangsberechtigten zur weiteren Bearbeitung abgerufen werden.

### **Auswertung**

Zwei Beispiele können die Vorgehensweise bei der Auswertung und die Komplexität und Möglichkeiten erläutern.

#### **1. Freier Fall**

Die Summe der auf einen mitbewegten Beobachter in einem frei fallenden System einwirkenden Kräfte ist Null. Wird also ein Smartphone senkrecht in die Luft geworfen und wieder aufgefangen, so kann also aus der Zeit, in der der Beschleunigungswert nahe Null liegt, auf die Höhe geschlossen werden.

Die erste Vermutung, dass die Zeit unmittelbar aus den Messwerten abgelesen werden kann, erweist sich als nicht zielführend. Die in einem Tabellenkalkulationsprogramm einfach zu erstellende graphische Darstellung lässt eine Ablesung zu, nachdem die Beschleunigungswerte bezüglich der 3 Achsen zu einer Gesamtbeschleunigung zusammengefasst wurden. Die Graphik kann Ausgangspunkt für die Diskussion der Vorgehensweise und der Genauigkeit des Ergebnisses sein.

#### **2. GPS-Daten**

Smartphones sind – bezogen auf den hier verfolgten Zweck – mit umfangreichen Speichermöglichkeiten ausgestattet. Da durch die Apps reine Textdateien gespeichert werden, kann eine sehr große Zahl von Daten aufgenommen werden. Die Koordinaten einer Auto- oder Busfahrt über eine Stunde können ohne weiteres im Sekundentakt festgehalten werden. Für Tabellenkalkulationsprogramme (auf PCs) stellt eine solche Menge an Daten auch keine Herausforderung dar, während die Bearbeitung solcher Datenmenge auf dem Smartphone oder dem Tablet von der Handhabung und Übersichtlichkeit eher schwierig erscheint.

Denkbar wäre ein Projekt, das sich an die Fragestellung anlehnt, ob und mit welchen Daten Versicherungen den Fahrstil einer Fahrerin / eines Fahrers bewerten und ggf. in den Versicherungsprämien berücksichtigen. Nach der Aufnahme der Rohdaten sind eine Reihe von Überlegungen und Bearbeitungsschritten notwendig, die sich auf eine große Datenmenge beziehen. So müssen die Rohdaten zunächst auf Plausibilität geprüft werden, um beispielsweise Aussetzer des Signals festzustellen. Nach der Berechnung der Teilstrecken zwischen zwei Messpunkten und der Zuordnung einer Zeit müssen die Geschwindigkeit und die Beschleunigung in den Intervallen berechnet und Zeiten zugeordnet werden. Dies ist einerseits relativ leicht, da die einmal erarbeitete Formel beliebig oft kopiert werden kann. Andererseits muss die erreichbare Genauigkeit bei der numerischen Differentiation im Auge behalten werden. U.U. machen sich erst bei der Berechnung der Folgegrößen wie Geschwindigkeit und Beschleunigung Messungenauigkeiten bemerkbar, die z.B. eine Mittelung erforderlich machen.

### **Eigene Applikationen**

Wie bereits erwähnt, wird ein Großteil der möglichen Kreativität bei der Planung von Einsatzszenarien und der Auswertung bzw. Darstellung der Rohdaten durch eine App von Entwicklerseite eingebracht. Ideal wäre allerdings ein Prozess, bei dem Schülerinnen und Schüler dies übernehmen oder zumindest nachvollziehen könnten, auch wenn damit nicht nur Ziele des Physikunterrichts abgedeckt werden.

Neben der – beschriebenen – zeitversetzten Auswertung scheint es mit dem am MIT entwickelten System „App Inventor“ ([appinventor.mit.edu](http://appinventor.mit.edu)) eine Möglichkeit zu geben, Schülerinnen und Schülern oder zumindest Studentinnen und Studenten den Weg von einer Problemstellung zu einer eigenen App, die die Daten der Sensoren nutzt, gehen zu lassen. Der Ablauf des Programms wird hier durch das Kombinieren von entsprechenden Symbolen festgelegt, das nach einem Kompilationsprozess auf das Smartphone oder Tablet übertragen werden kann. Dort findet sich dann eine App, die äußerlich und in der Steuerung nicht von anderen (professionellen) Apps unterscheidbar ist. Ob es sich bei dieser Art der Erstellung eines Programms tatsächlich um „programmieren“ handelt, kann an anderer Stelle diskutiert werden. In dem hier vorgegebenen Rahmen kann man zu überzeugenden Ergebnissen kommen, die sich im Ergebnis nicht von z.B. in der Programmiersprache Java programmierten, einfacheren Apps unterscheiden. Selbst die Speicherung und anschließende Übertragung der Rohdaten von einem Smartphone auf einen Server konnte in kurzer Zeit realisiert werden. Ein für Schülerinnen und Schüler realistisches Projekt könnte die Entwicklung einer App „Wasserwaage“ sein, die vielleicht als zusätzliches Feature ein eingeblendetes Lot zeigt.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Der Einsatz von Datenloggern ist nicht neu. Selbst Systeme wie das Leybold-System CASSY kann zur Generierung von Daten verwendet werden. Es bietet darüber hinaus eine gegenüber dem Smartphone größere Vielfalt von Sensoren. Die Verfügbarkeit und einfache Handhabung des Smartphones als Datenlogger erlaubt allerdings neue Projekte und Herangehensweisen. Insgesamt ist es möglich, große Datenmengen mit ausreichender Genauigkeit aufzunehmen und moderne Werkzeuge kennenzulernen und zu nutzen, um Rohdaten (zumindest teilweise automatisiert) auszuwerten, darzustellen und zu bewerten. Bei der Vorstellung der Möglichkeiten im Rahmen der Lehrer/innen-Fortbildung erschien der hier beschriebene Ansatz für die Sekundarstufe sehr anspruchsvoll, bei Lehrerinnen und Lehrern der Sekundarstufe II traf er auf größeres Interesse. In der Eingangsstufe des Studiums zeigen Beobachtungen, dass der Umgang mit den Geräten und den Fragestellungen motivierend wirkt. Genauere Untersuchungen müssen folgen.

**Literatur**

Hanel, M. (2018). App-gestützt geschwitzt. In: c't 2018 (15), 116-119

Kiupel, M., Panusch, M. (2014). "Big Data" im Physikunterricht mit Handy und Tablet-PC. In Nordmeier, V. & Grötzebach, H. (Hrsg.). (2017). PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Dresden 2017. Berlin, 257-260

Sebastian Kuhlen, Christoph Stampfer, Thomas Wilhelm & Jochen Kuhn (2017). Phyphox bringt das Smartphone ins Rollen: Smarte Physik. Physik in unserer Zeit 48 (3), 148-149

Eine bebilderte Version dieses Beitrags findet sich unter [www.kiupel.eu/GDCP2018.pdf](http://www.kiupel.eu/GDCP2018.pdf).

Norman Joußen<sup>1</sup>  
 Melanie Kiwitt<sup>1</sup>  
 Stephan Baja<sup>1</sup>  
 Heidrun Heinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen University

## **Händische Fertigkeiten mit IBEs erwerben? – eine Interventionsstudie**

### **Einleitung und Motivation**

Interaktive Bildschirmexperimente (IBE) haben sich in den letzten 20 Jahren im Zuge der Digitalisierung in der naturwissenschaftlichen Lehre zunehmend etabliert. Bei einem IBE wird ein Experiment durch eine Serie von Fotos des zugrundeliegenden realen Versuchsaufbaus repräsentiert, die mit Video-, Audio- und Messdaten ergänzt werden kann. Die Bedienung des IBE erfolgt am Bildschirm durch Handlungen an diesem realitätsnahen Aufbau. Ähnlich zu einem realen Experiment erhält der Experimentator ein unmittelbares Feedback zu seinen Handlungen (vgl. Kirstein, Haase, Mühlenbruch & Nordmeier, 2016). Neben der realitätsnahen Repräsentation des realen Versuchsaufbaus im IBE bleiben jedoch wesentliche Unterschiede zwischen IBE und Realexperiment, wie bspw. die Haptik des realen Versuchsaufbaus, bestehen. Betrachtet man einen typischen Versuchsaufbau auf einer optischen Bank, so ist der experimentelle Prozess in der Regel dadurch gekennzeichnet, dass vor der Aufnahme von Messdaten eine Montage und Justage des optischen Versuchsaufbaus notwendig ist. Händische Fertigkeiten sind bei diesem Montage- und Justageprozess in besonderem Maße erforderlich. Im Rahmen einer Interventionsstudie wurde daher u.a. untersucht, ob sich händische Fertigkeiten wie die Montage und Justage eines optischen Versuchsaufbaus mit einem IBE vermitteln lassen. Diese Interventionsstudie und ausgewählte Ergebnisse werden im Folgenden präsentiert.

### **Vorstellung der Interventionsstudie**

#### *Studiendesign*

In der als Feldstudie angelegten Interventionsstudie wurde der Prozess der Montage und optischen Justage eines Versuches zum Photoeffekt untersucht, den Maschinenbaustudierende im Rahmen eines physikalischen Praktikums durchführen. Die Montage und Justage des optischen Aufbaus ist bei diesem Versuch vor der Aufnahme von Messdaten erforderlich. Die Maschinenbaustudierenden führen den Versuch dabei in Zweierteams durch. Insgesamt wurde der Montage- und Justageprozess von 152 dieser Studierendenteams erfasst und ausgewertet. Die Erfassung des experimentellen Prozesses erfolgt dabei durch einen objektfokussierten Ansatz, bei dem alle relevanten Manipulationen am experimentellen Aufbau des Realexperimentes durch eine am Versuchsaufbau implementierte Sensorik als Satz von Objektdaten aufgezeichnet werden. Für eine detaillierte Beschreibung dieses Erhebungsansatzes sei auf (Fraß & Heinke, 2015) verwiesen. Nach einer etwa 30-minütigen Vorbesprechung erhielten die Studierenden an dem Praktikumstermin eine kurze Information über den Ablauf der Studie. Im Anschluss daran erfolgte die Intervention durch unterschiedliche Justageschulungen, bevor dann die Durchführung des Praktikumsversuches mit der Montage und Justage des optischen Versuchsaufbaus startete. In einem letzten Teil des Praktikums termins erfolgte die Aufnahme der Messdaten und Auswertung des Versuches zum Photoeffekt durch die Studierenden.

#### *Intervention*

Die Intervention erfolgte durch drei unterschiedliche Justageschulungen. Die Schulungen waren dabei inhaltlich ähnlich aufgebaut. So erhielten alle drei Justageschulungen Erklärun-

gen zu den optischen Bauteilen und Multiple-Choice-Fragen zur Wissensüberprüfung nach einzelnen Sinnabschnitten. Zwei Justageschulungen beinhalteten zusätzlich experimentelle Aufgaben, die bei einer Interventionsgruppe (kurz „IBE“ genannt, N = 45 Studierendenteams) an einem IBE und bei der anderen Interventionsgruppe (kurz „Experiment“ genannt, N = 38 Studierendenteams) an einem Realexperiment bearbeitet werden sollten. Die experimentellen Aufgaben wurden bei der dritten Interventionsgruppe (kurz „Skript“ genannt, N = 34 Studierendenteams) durch erklärende Texte und Bilder ersetzt. Neben diesen drei Interventionsgruppen gab es eine Kontrollgruppe (N = 35 Studierendenteams), die keine Justageschulung erhielt. Eine Übersicht über die Inhalte der Justageschulungen ist in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Übersicht der Inhalte in den einzelnen Justageschulungen

|                                                                 | Kontrollgruppe<br>(N = 35) | Skript<br>(N = 34)                   | IBE<br>(N = 45)                  | Experiment<br>(N = 38)                      |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|
| Erklärungen zu den optischen Bauteilen                          | ✗                          | ✓                                    | ✓                                | ✓                                           |
| Experimentelle Aufgaben                                         | ✗                          | ✗<br>(durch Erklärungstexte ersetzt) | ✓<br>(Durchführung an einem IBE) | ✓<br>(Durchführung an einem Realexperiment) |
| MC-Fragen zur Wissensüberprüfung nach einzelnen Sinnabschnitten | ✗                          | ✓                                    | ✓                                | ✓                                           |

### Einfluss der Intervention

#### Datengrundlage

Zur Untersuchung des Einflusses der Intervention auf den experimentellen Prozess der Montage und Justage des optischen Versuchsaufbaus und Beantwortung der Fragestellung werden im Folgenden die Merkmale „Experimentierzeit“ und „Schrittzahl“ betrachtet. Unter Experimentierzeit wird dabei die Zeit verstanden, die von den Studierenden für die Montage und Justage des optischen Versuchsaufbaus benötigt wird. Diese lässt sich aus den Objektdaten des verwendeten objektfokussierten Ansatzes zur Erfassung des experimentellen Prozesses direkt auslesen. Diese Objektdaten beinhalten dabei die Informationen über die zeitlichen Veränderungen am experimentellen Aufbau. So kann ihnen bspw. die horizontale Position eines optischen Bauteils auf der optischen Bank zu jedem beliebigen Zeitpunkt  $t$  entnommen werden.

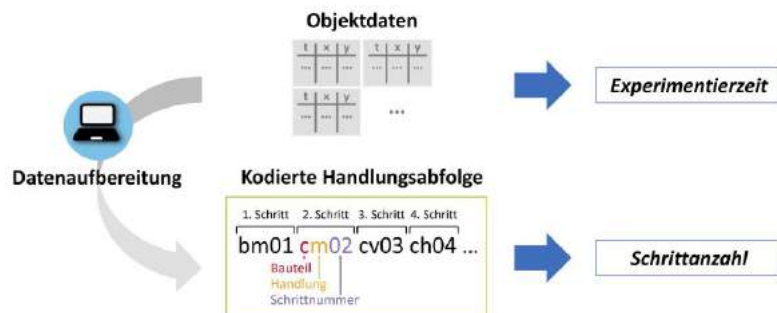


Abb. 1: Schematische Darstellung der Datenaufbereitung. Für Details siehe Text.

Mittels einer computergestützten Aufbereitung dieser Objektdaten lässt sich zudem eine kodierte Abfolge der experimentellen Handlungen der Studierenden rekonstruieren. Diesen kodierte Handlungsabfolgen kann dann u.a. die Anzahl der für die Montage und optischen Justage benötigten Schritte (Schrittzahl) entnommen werden. Die Extrahierung der Experimentierzeit und Schrittzahl aus den mit dem objektfokussierten Ansatz aufgenommenen Daten ist in Abb. 1 schematisch dargestellt.

### Ergebnisse

Es zeigt sich, dass Studierendenteams, die bereits im Rahmen der Justageschulung mit dem realen Versuchsaufbau experimentiert haben, statistisch höchst signifikant weniger Zeit für die Montage und optische Justage als Studierendenteams in der Kontrollgruppe benötigen. Studierendenteams, die die Justageschulung lediglich in Form eines Skriptes erhalten haben, benötigen hingegen statistisch signifikant mehr Zeit für diesen Prozess als Studierendenteams in der Kontrollgruppe. Für die Interventionsgruppe „IBE“ zeigt sich kein statistisch signifikanter Unterschied hinsichtlich der Experimentierzeit im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die Ergebnisse sind in Abb. 2 graphisch dargestellt.

Ähnliche Ergebnisse zeigen sich für das Merkmal „Schrittzahl“. Im Vergleich zwischen der Interventionsgruppe „Skript“ und der Kontrollgruppe zeigt sich dabei kein statistisch signifikanter Unterschied mehr.

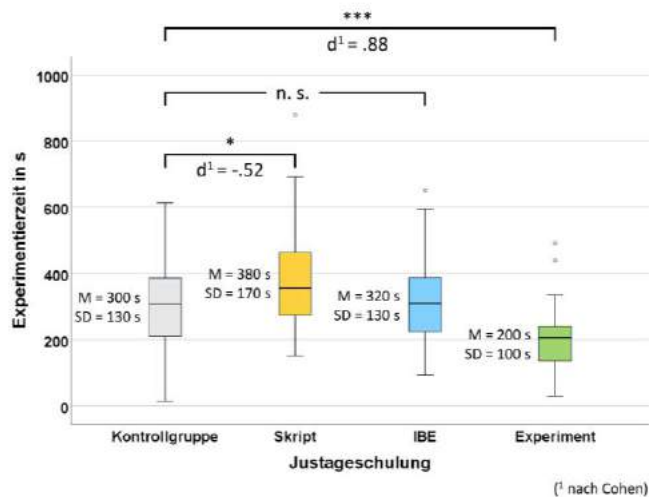


Abb. 2: Vergleich der Experimentierzeiten zwischen den Interventionsgruppen und der Kontrollgruppe. Details siehe Text.

### Zusammenfassung und Fazit

Im Rahmen der Interventionsstudie wurde u.a. untersucht, ob mit Interaktiven Bildschirmexperimenten (IBEs) auch händische Fertigkeiten, wie die Montage und optische Justage eines Versuchsaufbaus vermittelt werden können. Erwartungsgemäß zeigt sich, dass Studierendenteams, die bereits zuvor im Rahmen der Justageschulung mit dem realen Versuchsaufbau experimentiert haben, statistisch höchst signifikant weniger Zeit und statistisch signifikant weniger Handlungsschritte für den Montage- und Justageprozess benötigten als Studierendenteams in der Kontrollgruppe. Bei Studierendenteams, die die gleiche Justageschulung anhand eines IBE absolviert haben, zeigt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe hinsichtlich der Merkmale „Experimentierzeit“ und „Schrittzahl“.

**Literatur**

- Fraß, S. & Heinke, H. (2015). Diagnostik experimenteller Fertigkeiten bei optischen Versuchen. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 301-303). Kiel: IPN.
- Kirstein, J., Haase, S., Mühlenbruch, T., & Nordmeier, V. (2016). 20 Jahre Interaktive Bildschirmexperimente. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2016.



Nicole Marmé<sup>1</sup>  
 Brigitte Pflüger-Schmezer<sup>2</sup>  
 Babara Münch<sup>3</sup>  
 Jens-Peter Knemeyer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg  
<sup>2</sup>Forscherstation Heidelberg  
<sup>3</sup>Stadt Heidelberg

## **Bee-Bots – Programmieren im Sachunterricht**

### **Einleitung**

Die rasanten Fortschritte in der Computer- und Informationstechnologie führen zu rasanten Veränderungen in allen Bereichen der Gesellschaft, insbesondere der (zukünftigen) Arbeitswelten. Dr. Eike Wenzel (Institut für Trend- und Zukunftsforschung, Heidelberg) fasst diese Entwicklung in einem Satz zusammen: „Wer in 50 Jahren zurückblickt, wird 2017 als Mittelalter empfinden“. Dies stellt insbesondere das Schulsystem vor große Herausforderungen. Was müssen wir den Kindern schon heute beibringen, um in der Welt von morgen bestehen zu können? Es wird davon ausgegangen, dass es die meisten Berufe, die die heutigen GrundschülerInnen einmal ergreifen werden, heute noch gar nicht gibt. Trotz vieler Ungewissheiten scheint es doch wahrscheinlich, dass die meisten Menschen (sowohl in der Arbeitswelt, als auch im gesellschaftlichen Leben) zukünftig ausgeprägte Computer-, Programmier-, Medien- und IT-Kompetenzen benötigen, weshalb es sinnvoll ist, diese schon möglichst früh – auch schon in der Grundschule – zu fördern. Da eine flächendeckende Einführung eines neuen Fachs Informatik in der Grundschule kontrovers diskutiert wird und auch mit vielen Schwierigkeiten verbunden ist, könnte die Integration von IT-Inhalten in bestehende Fächer und Lehrpläne eine praktikable Lösung sein, um wichtige Zukunftskompetenzen bereits in der Schule zu stärken. In diesem Beitrag wird eine neue analoge und virtuelle Lernumgebung vorgestellt, die als erster Einstieg in die Programmierung angesehen werden kann und in den Sachunterricht integriert werden kann.

### **Programmieren lernen mit Bee-Bots**

Bee-Bots ([www.bee-bot.us](http://www.bee-bot.us)) sind sehr einfache Bodenroboter im Bienenkostüm und eignen sich in besonderer Weise für den Einstieg in die Programmierung in der Grundschule. Sie werden über lediglich sieben Tasten direkt auf dem Rücken programmiert, so dass keinerlei Codes geschrieben und vom Computer auf den Roboter übertragen werden müssen. Es werden nur die Befehle (vor, zurück, drehe 90° nach links und drehe 90° nach rechts) eingegeben, die anschließend beim Betätigen der Start-Taste ausgeführt werden. Insgesamt können bis zu 40 Befehle nacheinander eingegeben werden.

Dabei lernen die Kinder spielerisch wichtige Prinzipien der Programmierung, wie bspw. des Codings - das (logische) Aneinanderreihen von einzelnen Befehlen, die dann beim Aufrufen des Programms nacheinander (sequenziell) abgearbeitet werden. Sie erwerben grundlegende Strategien des Hypothesenprüfens und reflektieren die Lösungsschritte. Auf diese Vorgehensweise wird bei den Kindern die Fähigkeit des Problemlösens gefördert. Es gibt bereits vielfältige Beispiele für Einsatzmöglichkeiten von Bee-Bots im Schulunterricht. (Knierzinger, Bachinger 2016)

### **Der Einsatz von Bee-Bots im Sachunterricht**

Die Arbeitsgruppe didaktik-aktuell beschäftigt sich seit einiger Zeit mit der Entwicklung und Evaluation neuer Einsatzgebiete des Bee-Bots mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen. In diesem Beitrag werden neu konzipierte Materialien für ein Kräuter-Riechmemory vorgestellt, die für den Einsatz ab der 2. Klasse geeignet ist. Diese bestehen aus sowohl aus analogen als auch digitalen Komponenten und sollen die Förderung von Digital- und

Computer-Kompetenzen ermöglichen. Zentraler Bestandteil ist eine Bodenmatte mit 5x7 Feldern, auf der sich der Bee-Bot bewegen kann. Auf der Matte sind verschiedene Kräuter, Zahlen und einige Zusatzfelder abgebildet. Zusätzlich werden undurchsichtige Dosen bereitgestellt, in denen sich die verschiedenen Kräuter (Basilikum, Rosmarin, Thymian, Petersilie, Lavendel, Schnittlauch, Kresse, Pfefferminze) als Riechprobe befinden. Diese sind im Deckel mit Löchern (zum Riechen) versehen und auf dem Boden (zunächst nicht sichtbar für die SchülerInnen) befindet sich eine Zahl (1-8) für die Zuordnung der Kräuter. Hier können bswp. Filmdosen eingesetzt werden.



Abb. 1: links: Bodenmatte für das Riechmemory; rechts: Auslesen der QR-Codes mittels Tablets

Zunächst nimmt ein/e SchülerIn eine Dose und stellt den Bee-Bot auf das Feld mit der Zahl die auf dem Dosenboden angegeben ist. Dann riecht er/sie an der Probe und versucht den Bee-Bot so zu programmieren, dass er zur Abbildung des Krauts auf der Bodenmatte fährt, welches er/sie gerochen hat. Ist der Bee-Bot dort angekommen, muss mittels eines Tablets ein neben dem Kraut abgebildeter QR-Code eingelesen werden. Die entsprechende Internetseite verrät der/m SchülerIn dann, ob er/sie richtig liegt oder nicht. Hierzu wird von der Seite abgefragt, von welchem Feld der Bee-Bot gekommen ist. Liegt der/die Schülerin richtig, bekommt er/sie eine Karte mit dem entsprechenden Kraut, die mit nach Hause genommen werden darf. Auf der Karte befindet sich ein weiter QR-Code, der beispielsweise auf ein einfaches Rezept mit diesem Kraut weiterleitet, so dass sich die SchülerInnen auch zu Hause, ggf. mit den Eltern, mit dem Thema Kräuter weiter beschäftigen kann. Die Internetseiten sind Teil des Webauftritts eines virtuellen Kräutergartens ([www.krautergarten.lucycity.de](http://www.krautergarten.lucycity.de)) in der virtuellen Lernstadt Lucycity (Marmé, Knemeyer 2011). Auf diesen Seiten können die SchülerInnen noch weitere Informationen zu den Kräutern abrufen. Die SchülerInnen sind nacheinander am Zug, solange bis die eine vorgegebene Zeit abgelaufen ist.

Der Schwierigkeitsgrad kann durch verschiedene Varianten, beispielsweise durch die Nutzung der Quizfelder leicht erhöht werden. Kommt der Bee-Bot über eines dieser Felder, muss der entsprechende QR-Code eingelesen werden, woraufhin eine Quiz-Frage zum Thema Kräuter auf dem Tablet erscheint. Nur wenn die Frage richtig beantwortet wurde darf der Code des Krautes eingelesen werden, falls der Bee-Bot dort angekommen ist. Wenn man die Programmierung erschweren möchte, können die zusätzlich die Mauerfelder verwendet werden, die der Bee-Bot umfahren muss.

Der Schwierigkeitsgrad kann deutlich erhöht werden, wenn vier bis zehn Bauklötze (oder Ähnliches) auf dem Spielfeld verteilt und die entsprechenden Spielfelder blockiert, wobei sie nicht auf einer Zahl liegen dürfen. Immer wenn der Bee-Bot über das Mauersymbol fährt darf der/die SchülerIn einen Stein versetzen. Wenn eine Schülerin beispielsweise zum Basilikum fahren möchte, sich dort aber ein Stein befindet, muss sie die Route so wählen,

dass der Bee-Bot zunächst über eine Mauer fährt, um den Stein schnell zu versetzen (bevor der Bee-Bot das Basilikum-Feld erreicht).

Das Riechmemory wurde in 2. Klassen zum Abschluss einer Unterrichtseinheit zum Thema „Kräuter“ erprobt. Es zeigte sich, dass die SchülerInnen mit viel Spaß und konzentriert arbeiten und dass dieser Zugang gut geeignet ist Programmierung (von Robotern) zu thematisieren. Da das Riechmemory relativ komplex ist (Programmieren der Bee-Bots, Zuordnung Geruch-Pflanze, Auslesen von QR-Codes) sollten die Bee-Bots entweder schon vorher bekannt sein oder in einer gesonderten Stunde spielerisch erkundet werden. Dies kann auch schon auf dem Spielplan geschehen. Hierzu wird die Klasse in kleine Gruppen (drei bis fünf SchülerInnen) aufgeteilt und jeweils mit einem Spielplan und einem Bee-Bot ausgestattet. Dann wird zunächst in die Funktionen des Bee-Bots eingeführt. Jetzt sollen die SchülerInnen über einfache Aufgaben, den Umgang mit dem Bee-Bot üben. So können bspw. zunächst alle Zahlen abgefahren werden.

In einer weiteren Stunde kann der Umgang mit dem QR-Code-Scanner besprochen und geübt werden. Hier sollte darauf eingegangen werden, was QR-Codes sind, wozu man sie braucht und wo man sie findet. Außerdem kann hier dem Auftrag der Medienbildung nachgekommen werden, indem man gemeinsam eine entsprechende App installiert und/oder Apps generell bespricht. Auf jeden Falls sollten auch Sicherheitsrisiken thematisiert werden, da gerade am Beispiel der QR-Codes Sicherheitsaspekte gut verdeutlicht werden können. So kann man den SchülerInnen vermitteln, nur vertrauenswürdige Seiten zu öffnen und auf die Einstellungen von Apps zu achten. Beispielsweise sollte niemals ein automatisches Ausführen des QR-Codes eingestellt sein, insbesondere wenn unbekannte Codes gescannt werden, da QR-Codes prinzipiell nicht nur URLs darstellen, sondern auch Schadcodes enthalten können. Wenn die SchülerInnen eine gewisse Sicherheit im technischen Umgang mit den Geräten haben, kann das Riechmemory bevorzugt in einer Doppelsunde durchgeführt werden. Zum Abschluss können die Kräuter verwendet werden, beispielsweise um Kräuterbutter herzustellen.

Das Riechmemory wurde bereits in LehrerInnenfortbildungen vorgestellt und von den Lehrkräften sehr positiv bewertet.

### **Danksagung**

Wir danken dem Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung Heidelberg (Forscherstation) und der Hopp Foundation for Computer Literacy & Informatics gGmbH für die Möglichkeit der Durchführung von Lehrer-Fortbildungen. Zusätzlich gilt unser Dank der Hopp Foundation für die Finanzierung der Materialien.

**Literatur**

- Knierzinger, Anton; Bachinger, Alois (2016) Coding, ein Bildungsprinzip? in Schule aktiv!, CDA-Verlag, Perg, 19-23
- Marmé, Nicole; Knemeyer, Jens-Peter (2011): Lucycity - eine virtuelle Lernstadt in Höttecke, Dietmar (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie, LIT-Verlag, Münster, 300-302.

## Richtig in die universitäre Physikochemie einsteigen mit BIRC

### Ausgangslage

Besonders in den MINT-Fächern scheitern viele Studienanfänger\*Innen an hohen Anforderungen zu Studienbeginn (Heublein et al. 2017). Erstsemesterstudierende der Chemie an der Universität Bielefeld fühlen sich laut einer aktuellen Studie beim Verstehen und häuslichen Selbstlernen in den abstrakten Fächern Mathematik und Physikalische Chemie oft überfordert (Schwedler 2017). Diese Überforderung entzündet sich häufig an elaborierten mathematischen Werkzeugen, die zur Beschreibung komplexer thermodynamischer und kinetischer Prozesse notwendig sind (Tsapalis und Finlayson 2014). Doch nicht nur die mathematische Modellierung, auch das Konzeptverständnis dieser Prozesse selbst bereitet den Studierenden große Schwierigkeiten. Selbst Studierende weiterführender Veranstaltungen sind häufig nicht in der Lage, physikochemische Phänomene in ein angemessenes Konzeptverständnis einzubetten, auch wenn die algorithmische Problemlösung gelingt (Bain et al. 2014; Becker und Towns 2012).

Einen Aspekt, der diesen Mangel an Konzeptverständnis mitverursacht, stellt die Vernachlässigung der submikroskopischen Ebene in der universitären Physikochemie dar. Darauf weisen neben Lehrbuchanalysen (Nyachwaya and Wood 2014) auch weitere Erfahrungsberichte aus den Fachdidaktiken hin (Becker et al. 2015; Goedhart and Kaper 2002). Im Gegensatz zur derzeit üblichen, einseitigen Betonung der abstrakt-symbolischen Ebene ist eine verständnis-orientierte, holistische Vermittlung im Sinne Johnstones (1991) notwendig, die die makroskopische, submikroskopische und symbolische Betrachtung komplexer physikochemischer Kernkonzepte sinnstiftend verknüpft. Neben der geforderten Stärkung der Teilchenvorstellung allgemein, sind laut Becker et al. zudem explizite Lernsettings und Instruktionsmethoden zur besseren Verknüpfung zwischen submikroskopischer und makroskopischer Ebene in der universitären Physikochemie notwendig (Becker et al. 2015; Hernández et al. 2014). In dieser Arbeit liegt der Fokus auf einer Stärkung submikroskopischer Vorstellungen und der Verknüpfung mit den häufig ungeliebten, abstrakt-mathematischen Repräsentationen (Formeln und Diagramme) auf der symbolischen Ebene.

### Konzept der BIRC-Lerneinheiten

Es ist die Grundidee des Konzepts BIRC, (Bridging Imagination and Representation in Chemistry, vgl. Schwedler 2018) die Studierenden beim Selbstlernen bedarfsgerecht zu unterstützen, indem ihre molekularen Vorstellungen gezielt gestärkt und mit mathematischen Repräsentationen verknüpft werden.

Jede BIRC-Lerneinheit basiert daher auf einer mit „*molecular workbench next generation*“ (Concord Consortium, Tinker and Xie 2008) maßgeschneiderten Moleküldynamiksimulation, anhand derer die Lernenden nach dem Prinzip des *simulation learning* (Landriscina 2009) ihre eigenen Vorstellungen auf der Teilchenebene überprüfen und weiterentwickeln können.

In der ersten Phase (Imagine) werden die Studierenden zunächst mit einem physikochemischen Phänomen auf der Teilchenebene konfrontiert, eine ikonische Darstellung (siehe Abbildung 1) dient dabei als Imaginationshilfe. Die Studierenden sollen ihre eigenen Vorstellungen aktivieren, mögliche Verläufe und Verhaltensweisen antizipieren und sich selber positionieren. In der zweiten Phase (Try) können die eigenen Vorstellungen und Vermutungen anhand einer oder mehrerer interaktiver Moleküldynamiksimulationen überprüft werden. Erst in der dritten und letzten Phase (Bridge) erfolgt die Verknüpfung und Auseinandersetzung mit abstrakten mathematischen Repräsentationen.

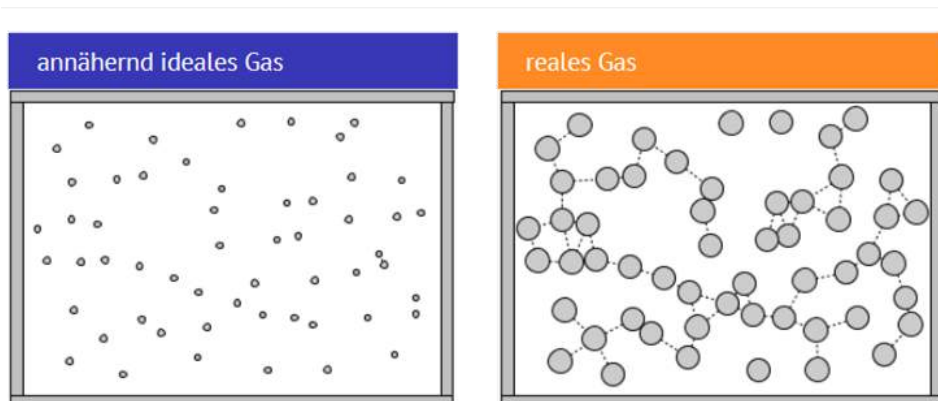


Abb. 1: Imaginationshilfe der Lerneinheit „Reale Gase“. Fragestellung: Welchen Einfluss haben Eigenvolumen und Van-der-Waals-Kräfte auf den Druck im Behälter?

### Ziel der Studie

Die Unterstützungswirkung einzelner Lerneinheiten wurde bereits in Einzelfallstudien evaluiert. Allerdings ist bislang unklar, ob der Einsatz mehrerer BIRC-Lerneinheiten im Feld die Studierenden in der Breite unterstützen kann. Daher wurden sechs Lerneinheiten im WS 17/18 als optionale Selbstlernmaterialien in der regulären Erstsemesterveranstaltung „Physikalische Chemie Basis“ der Universität Bielefeld eingesetzt und evaluiert. Ziel der Studie ist es, die Nutzung, Akzeptanz und den Lernerfolg der Studierenden zu eruieren. Dazu wurde auch untersucht, inwieweit BIRC die Entwicklung mentaler Modelle, das konzeptuelle Verständnis und die Verknüpfung submikroskopischer Sachverhalte mit abstrakt-mathematischer Repräsentation fördert.

### Forschungsmethoden

Das triangulierende Forschungsdesign ermöglicht sowohl genaue Betrachtungen der Lernervorstellungen im Einzelfall als auch die Erhebung der Unterstützungswirkung in der Breite der Studierendenkohorte. Durch *concurrent think-aloud*-Erhebungen (Van Den Haak et al. 2003; van Someren et al. 1994, N = 30) direkt im Anschluss an die zugehörige Vorlesung konnten Denkprozesse und Vorstellungsveränderungen während der Bearbeitung im Einzelfall analysiert werden. Leitfadengestützte, episodisch-problemzentrierte Interviews (N = 24) in der jeweiligen Folgewoche erfassten Akzeptanz und Lernerfolg im Rahmen der häuslichen Bearbeitung retrospektiv und zeitnah. Durch Online-Fragebögen zum Abschluss der häuslichen Bearbeitung (x = 126) sowie zwei *paper&pencil*-Fragebögen im Pre-Post-Design in der ersten und letzten Lehrveranstaltung (N = 102) wurden triangulierend Nutzung, Akzeptanz und Lernerfolg einer größeren, anonymen Stichprobe erhoben.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse des Posttests zeigen, dass die Lerneinheiten von den Studierenden in der Breite genutzt werden, obwohl quantitative Überforderung zu Studienbeginn durchaus häufig auftritt (Schwedler 2017) und die Bearbeitung der Lerneinheiten freiwillig ist. Zudem belegen Einzelfallstudien und die Erhebungen der größeren Stichprobe das adressatengerechte Niveau der Lerneinheiten. Auch retrospektiv betonen die Probanden des Posttests überwiegend unterstützende Effekte, insbesondere beim Verstehen, der Veranschaulichung der Inhalte und der Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltungen.

In den *think-aloud*-Studien treten zu Beginn der Lerneinheit häufig fehlerhafte oder unzureichende Vorstellungen physikochemischer Konzepte zutage. Kompetenzbezogene

Selbsteinschätzungen aus den anonymen Online-Fragebögen belegen, dass die Probanden bezüglich der molekularen Vorstellungen und der Interpretation von Formeln und Diagrammen mit Hilfe dieser Vorstellungen durch die Bearbeitung der Lerneinheiten einen signifikanten Kompetenzzuwachs erleben (siehe Abbildung 2). Die Formulierung der allgemeinen Kompetenzen K1 und K2 wurden in der Erhebung passend auf die in den sechs Lerneinheiten thematisierten, physikochemischen Kernkonzepte zugeschnitten.

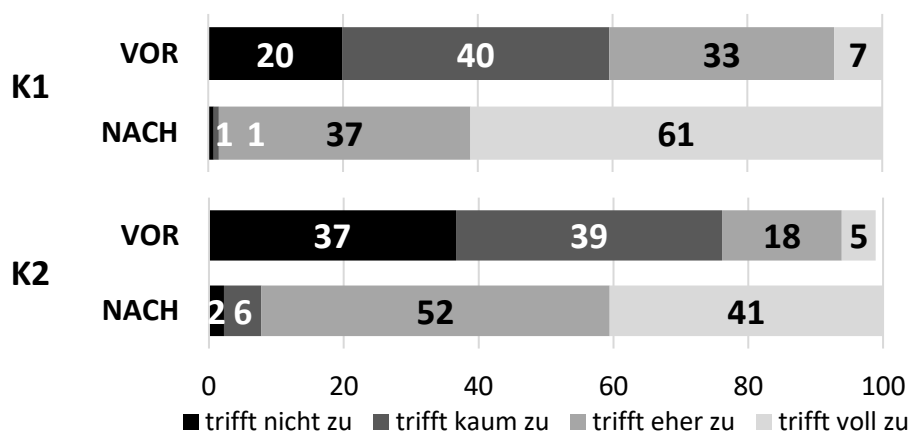


Abb. 2: Selbsteinschätzung der Online-Probanden zur molekularen Vorstellung (K1) und deren Verknüpfung mit Formeln und Diagrammen (K2) vor und nach der Bearbeitung der Lerneinheit.

K1: Ich kann mir das Verhalten der Gasteilchen bei dem Prozess/Phänomen vorstellen.

K2: Ich kann die Formel / das Diagramm interpretieren, indem ich sie / es mit dem Verhalten der Gasteilchen verknüpfe.

Um zu untersuchen, inwieweit sich die Bearbeitung der Lerneinheiten nachhaltig auf das Konzeptverständnis der Studierenden zum Ende des Semesters auswirkt, wurde ein Test auf Konzeptverständnis im Rahmen des Posttests eingesetzt. Der im Februar durchgeführte Test besteht im Wesentlichen aus selbst konzipierten, offenen *two-tier*-Fragen und bezieht sich auf drei Lerneinheiten, die bereits im November und Dezember von den Studierenden bearbeitet wurden. Es zeigt sich, dass eine signifikante Korrelation zwischen der Zahl der bearbeiteten, testrelevanten Lerneinheiten und dem Abschneiden im Test auf Konzeptverständnis vorliegt. Ausführliche Ergebnisse zum erlebten Kompetenzzuwachs und zum verbesserten Konzeptverständnis werden an anderer Stelle publiziert.

### Ausblick

In Zukunft sollen weitere Lerneinheiten, insbesondere zum Themenkomplex Arbeit und Wärme, entwickelt und im Feld eingesetzt werden. Darüber hinaus sollen die bisher in Papierform vorliegenden Übungsaufgaben mit Lernhilfen versehen und in das Konzept integriert werden. Dies soll nicht nur zu einer verbesserten Vernetzung von Konzeptverständnis und Anwendung im Rahmen von Rechenaufgaben führen, sondern auch die Möglichkeiten zur individuellen Förderung beim studentischen Selbstlernen stärken.

### Literatur

- Bain, K., Moon, A., Mack, M. R., & Towns, M. H. (2014). A review of research on the teaching and learning of thermodynamics at the university level. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 320–335.
- Becker, N., Stanford, C., Towns, M., & Cole, R. (2015). Translating across macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels: the role of instructor facilitation in an inquiry-oriented physical chemistry class. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 769–785.
- Becker, N., & Towns, M. (2012). Students' understanding of mathematical expressions in physical chemistry contexts: An analysis using Sherin's symbolic forms. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 209–220.
- Goedhart, M. J., & Kaper, W. (2002). From Chemical Energetics to Chemical Thermodynamics. In *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 339–362). Dordrecht, Boston, London: Kluwer.
- Hernández, G. E., Criswell, B. A., Kirk, N. J., Sauder, D. G., & Rushton, G. T. (2014). Pushing for particulate level models of adiabatic and isothermal processes in upper-level chemistry courses: a qualitative study. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 354–365.
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., et al. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. *Forum Hochschule*. Hannover.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75–83.
- Landriscina, F. (2009). Simulation and learning: the role of mental models. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 5(2), 23–32.
- Nyachwaya, J. M., & Wood, N. B. (2014). Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 720–728.
- Schwedler, S. (2017). Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 165–179.
- Schwedler, S. (2018). Wie schnell sind die Teilchen denn jetzt ? Studienanfänger des Fachs Chemie entwickeln dynamische Vorstellungen zur Maxwellverteilung mit BIRC, *Chemie Konkret*, DOI 10.1002/ckon.201800019.
- Tinker, R. F., & Xie, Q. (2008). Applying computational science to education the molecular workbench paradigm. *Computing in Science and Engineering*, 10(5), 24–27.
- Tsapalis, G., & Finlayson, O. E. (2014). Physical chemistry education: its multiple facets and aspects. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 257–265.
- Van Den Haak, M. J., De Jong, M. D. T., & Schellens, P. J. (2003). Retrospective vs. concurrent think-aloud protocols: Testing the usability of an online library catalogue. *Behaviour and Information Technology*, 22(5), 339–351.
- van Someren, M. W., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. (1994). *The Think Aloud Method: A Practical Guide to Modelling Cognitive Processes*. London: Academic Press.



Markus Berger  
Jens-Peter Knemeyer  
Nicole Marmé

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Pädagogische Hochschule Heidelberg

## **Auswirkungen virtueller physikalischer Experimente auf die intrinsische Regulation**

### **Einleitung**

Die Rolle und Gestaltung des physikalischen Experiments unterliegt dem ständigen Wandel der Wissenschaften im Laufe der Geschichte (vgl. Heidelberger, 1997; Heisenberg, 1973). Während in der Antike noch die Beobachterrolle präferiert wurde (Heidelberger, 1997), ist der moderne physikalische Versuch immer mehr durch geplante Abläufe geprägt (Scobel, Lindström & Langkau, 2002; Maisyenko, 2014; Heisenberg, 1973). Aus pädagogischer Sicht hat das Experiment das Potenzial, abstrakt gelernte Dinge erlebbar zu machen und den Brückenschlag in die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler zu gewährleisten (Lechte, 2008). Den didaktischen Fokus auf das alleinige Verständnis physikalischer Phänomene zu legen, wäre zu kurz gegriffen. Die Schülerinnen und Schüler sollen das Experiment als „Nachweis für die Realbedeutsamkeit“ (ebd.) erfahren. Zusätzlich ist es wünschenswert, dass das Experiment förderungswürdige Komponenten wie Motivation und Werthaltungen (Freude an der Physik, präzises, zielstrebiges Arbeiten, Ausdauer) forciert (ebd.; Barzel, Reinthoffer & Schrenk, 2012).

Moderne Technologien und rasante Veränderungen im Bereich Neuer Medien beeinflussen die Unterrichtsmethoden im Physikunterricht gewaltig und bringen Veränderungen im Bereich des herkömmlichen Schülerinnen- und Schülerexperiments mit sich (Riegler, 2015). Es wird immer wichtiger, Neue Medien sowie moderne internetbasierte Unterrichtsmittel gewinnbringend im Physikunterricht einzusetzen. Empirische Studien belegen, dass computerbasierte Schülerinnen- und Schülerexperimente und interaktive Simulationen einen positiven Einfluss auf Motivation und Lernerfolg haben (Künsting, Thillmann, Wirth, Fischer & Leutner, 2008; Nistor, Schnurer & Mandl, 2005).

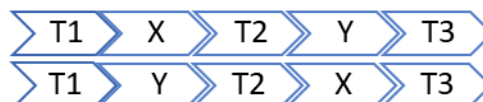
Da der Zusammenhang von virtuellen Experimenten und interner Regulation jedoch noch unzureichend beforscht ist (Duit, Tesch & Mikelskis-Seifert, 2010), wird in diesem Beitrag der Forschungsfrage „Welche Auswirkungen hat der Einsatz von virtuell durchgeführten physikalischen Experimenten im Sekundarstufenbereich I auf die intrinsische Regulation der Lernenden?“ nachgegangen.

### **Rahmenbedingungen**

An der diesem Artikel zugrundeliegenden Studie nahmen im Schuljahr 2017/18 407 Schülerinnen und Schüler der sechsten, siebenten und achten Schulstufe teil. In drei Durchgängen wurden insgesamt 1.211 Datensätze mit 4.844 Einzeldaten erhoben. Die Studie wurde an fünf Schulen der Sekundarstufe I in Österreich durchgeführt.

### **Methode**

Als Design wurde die switching replications-Methode angewendet, dabei wechselten die Experimental- und Kontrollgruppe während der Untersuchung. So war in der ersten Phase die Klasse A die Experimentalgruppe und in der zweiten Phase dieselbe Klasse die Kontrollgruppe. Die Klasse B bildete zuerst die Kontrollgruppe und danach die Experimentalgruppe.



T1 = Vorhermessung, X= Intervention = virtueller Schülerinnen- und Schülerversuch, Y= „realer“ Schülerinnen- und Schülerversuch, T2 = Zwischenmessung (abhängige Variable: intrinsische Regulation), T3 = Nachhermessung (abhängige Variable: intrinsische Regulation)

Beim Testzeitpunkt T1 (Vorhermessung) wurde der aktuelle Motivationsstatus im Gegenstand Physik erhoben - in dieser ersten Phase gab es keine Kontroll- und Experimentalgruppe. Nach zirka einem Monat wurde die zweite Testung abgehalten und je nach geplanter Gruppeneinteilung erfolgte die Intervention „realer“ oder „virtueller Schülerversuch“. Bei der unmittelbar danach stattfindenden Online-Testung T2 wurden die motivationsrelevanten Daten nochmals erhoben.

Der Fragebogen zur Testung der intrinsische Regulation wurde ausschließlich online zur Verfügung gestellt (hohe Auswertungsobjektivität bei geringem Materialaufwand). Auch die hohe Durchführungsobjektivität (Anweisungen konnten auch schriftlich gegeben werden) sprach für diese Erhebungsmethode (Rammstedt, 2004).

Je nach pädagogisch und didaktischer Überlegung wurde in einem Zeitrahmen von einer Woche bis zu einigen Monaten jeweils das entgegengesetzte Treatment durchgeführt. Danach erfolgte die letztmalige Befragung nach den bereits genannten Kriterien. In den Phasen T2 und T3 wurde stets von themengleichen Szenarien (gleicher Inhalt bei Realversuch und virtuellem Versuch) ausgegangen.

Die Items, die sich auf die intrinsische Regulation bezogen, lauteten (Müller, Hanfstingl & Andreitz, 2007):

- Die heute durchgeführten Versuche haben mir Spaß gemacht.
- Ich habe heute gerne mitgearbeitet, weil ich gerne physikalische Aufgaben löse.
- Ich habe heute gerne mitgearbeitet, weil ich gerne über physikalische Versuche nachdenke.
- Ich habe heute gerne mitgearbeitet, weil ich neue Dinge lernen konnte.

Bei jedem Item des Online-Fragebogens standen folgende Antwortmöglichkeiten zur Wahl: eindeutig zutreffend (1), zutreffend (2), weder zutreffend noch nicht zutreffend (3), nicht zutreffend (4) oder eindeutig nicht zutreffend (5). Weiters gab es auch die Möglichkeit, auf den Button „kann / will ich nicht beantworten“ zu klicken.

Die fünfstufige Likert-Skala wurde präferiert, da das österreichische Notensystem ebenfalls aus einer fünfgliedrigen Notenskala besteht, außerdem wurden die Schülerinnen und Schüler vor Beantwortung auf die Äquidistanz der Ratingskala hingewiesen.

Um die zeitlich begrenzten Ressourcen der Kinder optimal zu nutzen (Brell, 2007), wurde für diese Studie eine eigene Homepage (<http://www.mr-berger.at>) entwickelt. Auf dieser waren die Online-Befragung, die virtuellen Experimente geordnet nach Schulstufen sowie ein Kontaktformular und ein Gästebuch zu finden.

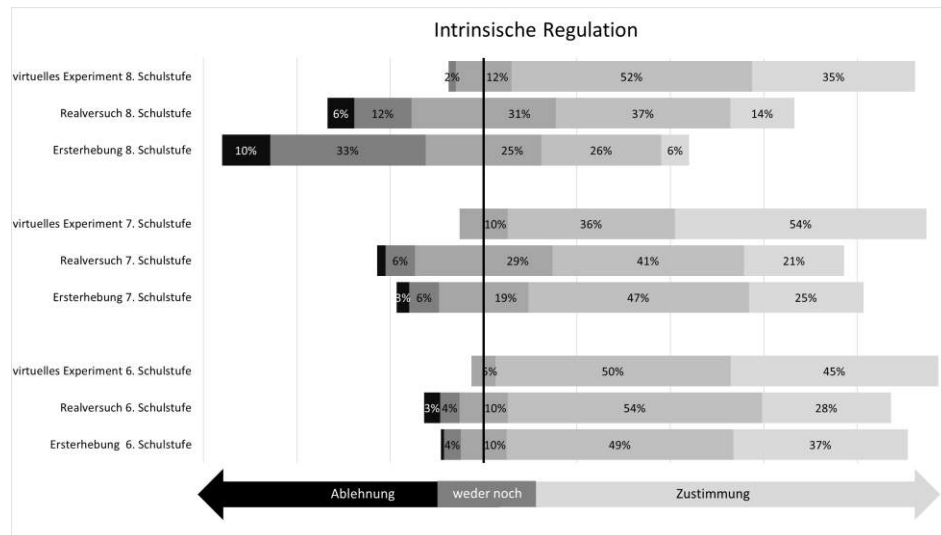
### Ergebnisse und Diskussion

Die Items des Online-Fragebogens wurden aus einem etablierten Test übernommen und adaptiert. Auch die Dimensionsstruktur wurde gleich gestaltet wie bei ähnlichen vorangegangenen Arbeiten. Dennoch wählte der Autor der vorliegenden Studie zur Verifizierung der internen Konsistenz der Items den Cronbachs Alpha-Koeffizienten und wies einen akzeptablen Reliabilitätswert von .822 nach.

Da die genaue Darlegung und Interpretation der erlangten Untersuchungsergebnisse den Rahmen dieses Reviews sprengen würde, werden hier nur einige exemplarisch angeführt.

So zeigten sich bei der Auswertung der Hypothese zur intrinsischen Regulation sowohl bei der Ersterhebung T1 ( $F(1,367) = 10.888, p < .001, \eta^2 = .029$ ) als auch beim realen Versuch ( $F(1,394) = 6.9518, p = 0.009, \eta^2 = 0.017$ ) und beim virtuellen Experiment ( $F(2,224) = 57.702, p < 0.001, \eta^2 = 0.014$ ) signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern.

Männliche Teilnehmer weisen zu jedem Testzeitpunkt bezüglich der intrinsischen Regulation, also was die Freude bei der Ausführung von physikalischen Versuchen betrifft, stets höhere intrinsische Motivationswerte (intrinsische Regulation) auf als weibliche Versuchspersonen. Dies bedeutet also, dass sowohl das reale als auch das virtuelle Experiment bei Buben eine höhere intrinsische Regulation bewirkt als bei Mädchen.



Wie die o.a. Grafik zeigt (Zustimmung bedeutet hohes Auftreten intrinsischer Regulation), kommt es nach jedem Übertritt in eine höhere Schulstufe der Sekundarstufe I zu einem signifikanten Abfall der intrinsischen Regulation ( $F(2,366) = 65.434$ ,  $p < .001$ ). Einzige Ausnahme ist das virtuelle Experiment in der 7. Schulstufe, denn hier kommt es zu keinem signifikanten Rückgang zwischen 6. und 7. Schulstufe. Interessant ist aber die Tatsache, dass in jeder Jahrgangsstufe die intrinsische Regulation beim virtuellen Experiment höchst signifikant höher wahrgenommen wird als beim Realexperiment.

### Ausblick

Die hier vorgestellte Studie untersuchte neben der intrinsischen Regulation auch die Motivationskomponenten aktuelle Motivation, Herausforderung, Interesse, Misserfolgsbefürchtung, Flow-Erleben, Autonomie- und Kompetenzerleben und gibt damit einen ersten Einblick in die Motivationslage von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I bei der Durchführung virtueller Experimente im Vergleich zu herkömmlichem Unterricht.

Da „webbasiertes E-Learning, mobiles Lernen und die Nutzung von Web-2.0-Technologien“ (Eickelmann, 2010, S. 28) beim schulischen Lernen nicht mehr wegzudenken sind (Eickelmann, 2010; Grimm, 2015) und es abzusehen ist, dass der Einsatz von Animationen und sogar virtuellen Realitäten in den nächsten Jahren verstärkt Einzug in den Unterricht halten wird, ist hier weiterer Forschungsbedarf gegeben.

Die vorliegende Arbeit ist also nur ein erster Input für die Erforschung und Evaluierung von Leistungs- sowie Lernmotivation bei der Durchführung von virtuellen Experimenten und dem Einsatz Neuer Medien im Physikunterricht unserer modernen Zeit.

## Literatur

- Barzel, B., Reinhoffer, B. & Schrenk, M. (2012). Das Experimentieren im Unterricht. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten (S. 103-127). Münster: Waxmann.
- Brell, C. (2008). Lernmedien und Lernerfolg – reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht: empirische Untersuchungen in achten Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulation und IBE. Berlin: Logos-Verlag.
- Duit, R., Tesch, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2010). Piko-Brief Nr. 6. Das Experiment im Physikunterricht. <http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf> (Letzter Zugriff: 09.03.2018)
- Eickelmann, B. (2010). Digitale Medien in Schule und Unterricht erfolgreich implementieren: eine empirische Analyse aus Sicht der Schulentwicklungsforschung. Göttingen: Waxmann Verlag.
- Grimm, N. (2015). E-Learning in der Personalentwicklung: Untersuchung des Einsatzes und Erfolgs von E-Learning-Konzepten in Unternehmen. Hamburg: Diplomica Verlag.
- Heidelberger, M. (1997). Die Erweiterung der Wirklichkeit im Experiment. In M. Heidelberger & F. Steinle (Hrsg.), Experimental Essays – Versuche zum Experiment (S. 71-92). Baden-Baden: Nomos.
- Heisenberg, W. (1973). Das Naturgesetz und die Struktur der Materie. In W. Heisenberg (Hrsg.), Schritte über Grenzen (S. 223-242). München: Piper.
- Künsting, J., Thillmann, H., Wirth, J., Fischer, H. E. & Leutner, D. (2008). Strategisches Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 55, 1-15.
- Lechte, M.-A. (2008). Sinnbezüge, Interesse und Physik: eine empirische Untersuchung zum Erleben von Physik aus Sicht von Schülerinnen und Schülern. Opladen: Barbara Budrich.
- Maiseyenko, V. (2014). Modellbasiertes Experimentieren im Unterricht: Praxistauglichkeit und Lernwirkungen. Berlin: Logos.
- Müller, F., Hanfstingl, B. & Andreitz, I. (2007). Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern. Adaptierte und ergänzte Version des Academic Self-Regulation Questionnaire (SRQ-A) nach Ryan & Connell. Klagenfurt: Alpen-Adria Universität.
- Nistor, N., Schnurer, K. & Mandl, H. (2005). Akzeptanz, Lernprozess und Lernerfolg in virtuellen Seminaren- Wirkungsanalyse eines problemorientierten Seminarkonzepts. (Forschungsbericht Nr. 174). München: Ludwig-Maximilians-Universität.
- Rammstedt, B. (2004). Zur Bestimmung der Güte von Multi-Item-Skalen: Eine Einführung (ZUMA How-to-Reihe Nr. 12). Mannheim: Zentrum für Umfragen.
- Riegler, H. (2015). Reflexion der LehrerInnenrolle im projektbasierten, kollaborativen Tablet-Unterricht in der Sekundarstufe I. Donau-Universität Krems Department für Interaktive Medien und Bildungstechnologien Zentrum für Mediengestütztes und Individualisiertes Lernen. [http://onlinecampus.virtuelle-ph.at/pluginfile.php/73336/mod\\_glossary/entry/5632/riegler\\_heidemarie\\_master%20thesis.pdf](http://onlinecampus.virtuelle-ph.at/pluginfile.php/73336/mod_glossary/entry/5632/riegler_heidemarie_master%20thesis.pdf) (Letzter Zugriff: 25.08.2018)
- Scobel, W., Lindström, G. & Langkau, R. (2002). Physik kompakt. Berlin: Springer.

## Videobasierte Analyse des Lernens mit dynamischen Modellen

### Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung mit dynamischen Modellen

Das Experiment gilt als das zentrale Verfahren naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Die Ergebnisse einiger Studien legen jedoch nahe, dass verschiedene Unterrichtsformen bei der Durchführung und Auswertung von Experimenten keine signifikanten Unterschiede beim Fachwissenszuwachs zeigen (Muth, 2018; Winkelmann & Erb, 2018). Erfahrungsgemäß liegen die Ursachen für Schwierigkeiten beim Experimentieren und beim Interpretieren der Daten in einer unzureichenden Vorbereitung. Neue Erkenntnisse können anhand eines Experiments nicht gewonnen werden, wenn die dem Experiment zugrundeliegenden Zusammenhänge und Variablen nicht klar geworden sind. Ein Weg, diesem Problem vorzubeugen, könnte in der Auseinandersetzung mit dynamischen Modellen zum behandelten Phänomen liegen.

Die Arbeit mit Modellen ist Teil des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“ und wird als Schlüsselfähigkeit für Forschungs- und Lernprozesse bezeichnet (Thiele u.a., 2005). Strukturmodelle zum wissenschaftlichen Denken oder experimenteller Kompetenz haben das Ziel, naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als komplexen Problemlöseprozess abzubilden, der mehrere Schritte zu durchlaufen hat (Mayer, 2007). Dabei stehen die Schritte Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments im Zentrum (Nawrath u. a., 2011; Theyßen u. a., 2016). Allerdings fehlt es bislang an etablierten Strukturmodellen, die Modellbildung und Experiment in einem gemeinsamen Problemlöseprozess abbilden. Als Gestaltungshilfe für Lernumgebungen wird deshalb der in Abbildung 1 dargestellte Kreislauf der Erkenntnisgewinnung verwendet (Teichrew & Erb, 2018). Zu den Bestandteilen gehören vier Unterrichtsgegenstände (abgerundete Rechtecke), die in den ersten vier Schritten (Pfeile) mit geeigneten Hilfsmitteln (Ovale) erarbeitet werden.

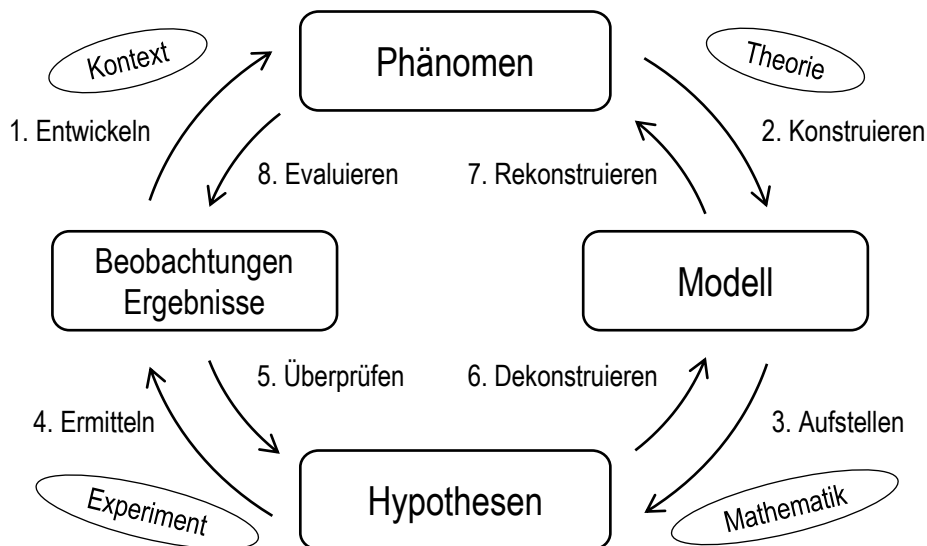


Abb. 1: Kreislauf der Erkenntnisgewinnung

Zunächst werden in einem alltäglichen Kontext Beobachtungen gemacht, die zu einem interessanten Phänomen oder einer Fragestellung fokussiert werden. Zu diesem Phänomen wird mithilfe einer Theorie oder eines didaktischen Konzeptes ein Modell konstruiert oder kennengelernt, aus dem sich konkrete Hypothesen aufstellen lassen. Bei quantitativen Hypothesen ist dabei eine Form von Mathematisierung notwendig. Passend zu diesen Hypothesen werden im Experiment Ergebnisse ermittelt, die dazu dienen sollen die Hypothesen zu überprüfen. Nachfolgende Schritte dienen der Revision und Reflexion des Vorgehens.

Mithilfe einer Dynamischen Geometrie-Software lassen sich physikalische Modelle erstellen, bei denen einzelne Konstruktionselemente beeinflusst werden können, während man das Ergebnis direkt beobachtet (Erb, 2017). Sie sind in der virtuellen Welt angesiedelt und vermitteln zwischen dem, was real ist, und dem, was theoretisch formuliert wurde. Auf diese Weise können Lernende mithilfe dynamischer Darstellungen eigene physikalische Denkmodelle konstruieren (auch als mentale Modelle bezeichnet, vgl. Schnotz & Bannert, 2003). Gleichzeitig wird durch Variation der Parameter eines Modells eine explorative Lerntätigkeit ermöglicht, die konkrete Hypothesen hervorbringen kann.

### Lehrvorhaben und Studiendesign

Darauf aufbauend wurde eine online Lernumgebung zur Vorbereitung auf Versuche des Optik-Praktikums für Studierende des Lehramts an Haupt- und Realschulen erstellt. In dem von der Joachim Herz Stiftung geförderten Lehrvorhaben sind mehrere Lektionen in einem Moodle-Kurs zusammengefasst (für eine inhaltliche Übersicht s. Teichrow & Erb, 2018). Den Kern jeder Lektion bildet ein dynamisches Modell mit der Aufforderung zum freien Explorieren, um anschließend die Beobachtungen in Form von Hypothesen zum behandelten Phänomen zu formulieren.

Um die allgemeine Forschungsfrage nach dem Einfluss des Einsatzes dynamischer Modelle bei der Vorbereitung eines Versuches auf die Lernresultate im Praktikum zu beantworten, gilt es zunächst zu klären, wie das Vorgehen der Studierenden charakterisiert werden kann.

Dazu wurden in einer explorativen Evaluationsstudie Bildschirmaufnahmen zu einem der Modelle gemacht, die anschließend sowohl mit niedrig als auch mit hoch inferenten Verfahren analysiert wurden. Tabelle 1 stellt eine Übersicht über die gebildeten Konstrukte und Subdimensionen dar.

| Verfahren           | Konstrukt   | Subdimensionen                        | Beispielcodes / Beispielitems                                                                                                  |
|---------------------|-------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Niedrig<br>inferent | Modellzeit  | Entwickeln des Phänomens              | Zeit bis zur Modellseite in s                                                                                                  |
|                     |             | Kennenlernen des Modells              | Zeit bis zur ersten Operation in s                                                                                             |
|                     |             | Arbeiten am Modell                    | Zeit bis zum Verlassen des Modells in s                                                                                        |
|                     | Modellziele | Variation der Variablen               | Die Versuchsperson ...<br>probiert Bedienelement x aus.                                                                        |
|                     |             | Erforschung der Randbereiche          | erforscht den Randbereich von<br>Bedienelement x.                                                                              |
|                     |             | Auffinden bestimmter<br>Einstellungen | schickt das Licht durch die Mitte des<br>Halbkreiskörpers.                                                                     |
| Hoch<br>inferent    | Videorating | Bereitschaft                          | gibt schnell auf (R).<br>probiert viele Einstellungen aus.<br>macht wenige Entdeckungen (R).<br>arbeitet aktiv mit dem Modell. |
|                     |             | Kompetenz                             | geht willkürlich vor (R).<br>stellt sich geschickt an.                                                                         |
|                     |             |                                       | geht zögerlich vor (R).<br>erforscht das Modell Schritt für Schritt.                                                           |

Tab. 1: Beispielcodes und -items für die Analyse des Lernens mit dynamischen Modellen

Die infolge dieser Lernaktivität offen formulierten Hypothesen der Studierenden wurden mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet, um typische Hypothesen aus dem Material herauszuarbeiten und für die ganze Stichprobe zu kodieren.

Zusätzlich wurden für den quantitativen Teil der Studie in die Lernumgebung integrierte Fragebögen eingesetzt, mit denen diverse Selbstwirksamkeitserwartungen und verschiedene Dimensionen intrinsischer Motivation erhoben wurden (mathematische Selbsteinschätzung nach Bescherer, 2003; Selbstwirksamkeitserwartungen beim Experimentieren aus Körner & Ihringer, 2016; Computerbezogene Selbstwirksamkeit aus Spannagel & Bescherer, 2009; Kurzska intrinsischer Motivation (KIM) aus Wilde u. a., 2009).

Außerdem haben die Studierenden einen Fachwissenstest bestehend aus 18 Rasch-skalierten Multiple Choice-Items passend zu dem behandelten Thema Brechung aus einem Itempool vorhergehender Studien bearbeitet (Weber u. a., 2017). Die Schätzung der Personenfähigkeit erfolgte nach der Maximum-Likelihood-Methode im Logit-Modell mit zwei Parametern (Schwierigkeitsgrad und Diskriminationsstärke).

### **Erste Ergebnisse und Ausblick**

Im ersten Durchgang haben an der Studie zehn männliche und zehn weibliche Studierende vorwiegend aus dem 4. bis 6. Fachsemester teilgenommen. Merkmale mit konstant hohen Ausprägungen (Interesse und wahrgenommene Wahlfreiheit der KIM sowie computerbezogene und experimentelle Selbstwirksamkeitserwartungen) wurden aus der weiteren Analyse ausgeschlossen, da sie zu keiner Differenzierung der Stichprobe führen. Das verfahrensökonomische, aber auf subjektiven Einschätzungen basierte Videorating und die objektiv erfassten Modellziele korrelierten stark positiv miteinander,  $r = .646$ ,  $p < .003$ , was für die Validität des Verfahrens spricht. Nichtsdestotrotz wurde bei den weiteren Analysen auf das Merkmal der erreichten Modellziele zurückgegriffen.

Eine Clusteranalyse hat ergeben, dass die Merkmale Modellziele, Fachwissen und eigenes Kompetenzerleben der Studierenden vier Cluster bilden (Ward-Methode, quadrierte Euklidische Distanz). Es zeigt sich, dass Studierende, die viele Modellziele erreicht haben, ein höheres Fachwissen demonstrieren und sich bei der Arbeit mit dem Modell kompetent gefühlt haben (Cluster 1,  $n = 3$ ). Gleichzeitig gibt es eine Gruppe, die in allen drei Merkmalen unterdurchschnittlich abschneidet (Cluster 4,  $n = 3$ ). Im Mittelfeld gibt es zwei Gruppen, die entweder leicht über oder leicht unter dem Durchschnitt bei den Modellzielen und im Fachwissen sind. Sie bekunden jedoch ein Kompetenzerleben, das sich genau gegensätzlich verhält. Die Auswertung der zusätzlich erfassten offenen Begründungen hat ergeben, dass es sich hierbei einerseits um Studierende handelt, die Erfahrung mit „computerbasierten Modellen“ aus dem Mathematikstudium haben und deshalb keine Berührungsängste hatten (Cluster 3,  $n = 5$ ). Das führte jedoch nicht zwangsweise zu einem sinnvollen Umgang mit physikalischen Modellen. Andererseits hatte die größte Gruppe zwar Bedenken bezüglich ihres kompetenten Umgangs mit dynamischen Modellen, konnte jedoch sowohl bei der Arbeit mit dem Modell als auch im Fachwissenstest gute Ergebnisse erzielen (Cluster 4,  $n = 9$ ).

Zusammenfassend lassen sich aufgrund der explorativen Datenanalyse folgende Thesen formulieren: Lernende gehen unterschiedlich mit dynamischen Modellen um, wobei Lernzeit und Erfahrung im Lernen mit Modellen für die Erklärung der Lernresultate weniger ausschlaggebend sind, als das Erreichen konkreter Ziele, die im Modell angelegt sind. Der Umgang mit dynamischen Modellen befähigt Lernende außerdem dazu, ihre Beobachtungen in Form von Hypothesen zu formulieren. Es hat sich gezeigt, dass Studierende, die mehr Modellziele erreicht haben, auch tendenziell mehr Hypothesen formulieren.

Es bleibt noch zu klären, ob sich erfolgreicher Umgang mit dynamischen Modellen auch positiv auf experimentelle Handlungen mit realem Material auswirkt. Dazu liegen Videoaufnahmen aus dem anschließend durchgeführten Versuch vor, die in nächster Zeit analysiert und zusammen mit den restlichen Daten ausgewertet werden.

## Literatur

- Bescherer, C. (2003). Selbsteinschätzung mathematischer Studierfähigkeit von Studienanfängerinnen und -anfängern. Empirische Untersuchung und praktische Konsequenz.
- Erb, R. (2017). Optik mit GeoGebra. Berlin; Boston: Walter de Gruyter GmbH.
- Körner, H.-D., & Ihringer, S. (2016). Selbstwirksamkeit beim Experimentieren – Mädchen und Jungen in den Naturwissenschaften. In C. Wiepcke & M. Kampshoff (Hrsg.), Vielfalt geschlechtergerechten Unterrichts: Ideen und konkrete Umsetzungsbeispiele für die Sekundarstufen (1. Aufl., S. 106–140). Berlin: epubli.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), Theorien in der biologiedidaktischen Forschung (S. 177–186). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_16)
- Muth, L. (2018). Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht Ergebnisse einer Interventionsstudie zum Zuwachs von Fachwissen und experimenteller Kompetenz von Schülerinnen und Schülern. Belin.
- Nawrath, D., Maiseyenko, V., & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz - Ein Modell für die Unterrichtspraxis. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule, 60(6), 42–49.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. Learning and Instruction, 13(2), 141–156. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00017-8)
- Spannagel, C., & Bescherer, C. (2009). Computerbezogene Selbstwirksamkeitserwartung in Lehrveranstaltungen mit Computernutzung. Notes on Educational Informatics - Section A: Concepts and Techniques, 5(1), 23–43.
- Teichrew, A., & Erb, R. (2018) (eingereicht). Implementierung modellbildender Lernangebote in das physikalische Praktikum. In PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2018. Würzburg.
- Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B., & Dickmann, M. (2016). Messung experimenteller Kompetenz - ein computergestützter Experimentiertest. PhyDid A, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 15(1), 26–48.
- Thiele, M., Mikelskis-Seifert, S., & Wünscher, T. (2005). Modellieren - Schlüsselfähigkeit für physikalische Forschungs- und Lernprozesse. PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 1(4), 30–46.
- Weber, J., Winkelmann, J., Erb, R., Wenzel, F., Ullrich, M., & Holger, H. (2017). Ein Fachwissenstest zur geometrischen Optik. In C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis (S. 107). Universität Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016.
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A., & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15.
- Winkelmann, J., & Erb, R. (2018). Der Einfluss von Schüler- und Demonstrationsexperimenten auf den Lernzuwachs in Physik. PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 1(17), 21–33.



Alexander Engl  
Marie Schehl  
Björn Risch

Universität Koblenz-Landau,  
Campus Landau

## Virtuelle und augmentierte Realität im Reallabor Queichland

MINT-Bildung ist der Schlüssel zur digitalen Transformation der Gesellschaft (OECD, 2017). Umgekehrt bietet die Digitalisierung auch neue Chancen für die MINT-Bildung. Um diese zu nutzen, müssen digitale Werkzeuge zukünftig integraler Bestandteil der MINT-Fächer sein. Daraus ergeben sich neue Anforderungen an Schulen und Lehrpersonen. Der Innovationsindikator 2017 zeigt jedoch, dass Deutschland bisher eher eine rückständige Position in Bezug auf digitale Bildung und Nutzung neuester Informationstechnologien einnimmt (acatech, 2017). Welchen Beitrag können Hochschulen zum digitalen MINT-Unterricht der Zukunft leisten? Wie können Fachdidaktik und Digitalisierung miteinander verbunden werden? Wie können an Hochschulen entwickelte innovative digitale Lehrkonzepte in den schulischen Unterricht transferiert werden? Auf diese und zahlreiche weitere Fragen, gilt es in den nächsten Jahren Antworten zu finden.

Als Motor für Innovationen und Ausgangspunkt für den Transfer digitaler Lernressourcen bieten sich universitäre Lehr-Lern-Labore an. Ausgehend von den Lehr-Lern-Laboren werden durch strukturbildende digitale Maßnahmen relevante Akteure der drei Phasen der Lehrerbildung nachhaltig miteinander vernetzt. Dies kann durch die Bereitstellung von Open Educational Resources (OER) gelingen. Die Nutzung offener Plattformen, einfacher Programmiersoftware oder den kollaborativen Ansatz „Wikiversity“ ermöglicht allen Interessierten, sowohl als rezeptiver Nutzer als auch als Autor von Lernressourcen zu fungieren. Diese Philosophie findet im, von der deutschen Bundesstiftung für Umwelt geförderten, Projekt Reallabor Queichland Anwendung.

### Reallabor Queichland

Der noch junge Begriff „Reallabor“ steht für ein innovatives Format und ein neues Modell der Kooperation von Wissenschaft und Gesellschaft. Im Gegensatz zur Forschung in einem klassischen Labor, findet das Reallabor in der Lebenswirklichkeit statt. Bürger\*innen haben so die Möglichkeit selbst vor Ort Experimente durchzuführen. In Zusammenarbeit mit der Stadt Landau, lokalen Bildungseinrichtungen und Unternehmen, wissenschaftlichen Institutionen sowie interessierten Bürger\*innen werden Bildungskonzepte diskutiert, Methoden und Materialien zu den Themenbereichen Wasser, Luft und Land entwickelt und eingesetzt werden. Für das Reallabor steht im Landauer Stadtteil Horst ein etwa acht Hektar großes Gelände zur Verfügung. Auf der Fläche wurde in den vergangenen Jahren im Rahmen des Programms „Aktion Blau Plus“ des Landes Rheinland-Pfalz der Flusslauf der Queich renaturiert und ein Umweltparcours mit zehn Stationen rund um das Thema Wasser im Kontext der Nachhaltigkeit eingerichtet (Schehl & Risch, 2013). Mit dem Umwelt-Schülerlabor „Freilandmobil“ befindet sich bereits ein gut besuchter außerschulischer Lernort der Universität Koblenz-Landau auf dem Gelände (Engl & Risch, 2015).

Sowohl in der nationalen als auch in der internationalen Forschungslandschaft rund um Nachhaltigkeit und Transformation, gewinnt der Begriff und Forschungsansatz des Reallabors zunehmend an Popularität (Schäpke, Stelzer, Bergmann, Singer-Brodowski, Wanner,



Abb. 1: Logo Reallabor Queichland

Caniglia & Lang, 2017). Reallabore stellen gesellschaftliche Kontexte für Veränderungen zu mehr Nachhaltigkeit dar. In diesen Kontexten führen Wissenschaftler\*innen Interventionen im Sinne von Realexperimenten durch, um über soziale Dynamiken und Prozesse zu lernen (Schneidewind, 2014). Ziel der transformativen Forschung in Reallaboren ist es, eine Kultur des Ausprobierens und Reflektierens zu befördern (Singer-Brodowski & Schneidewind, 2017). Die transdisziplinäre Kooperation (Ko-Design) stellt dabei den zentralen Forschungsmodus im Rahmen von Reallaboren dar, die in den Vernetzungs- und Kooperationsstrukturen eines Reallabors sichtbar werden (Schäpke et al., 2017). Durch die Interdisziplinarität eines Reallabors eröffnet sich ein breites Spektrum, welches die Integration unterschiedlicher Perspektiven aus Wissenschaft, Zivilgesellschaft und Bildungspraxis ermöglicht (Schneidewind, 2014; Beecroft & Parodi, 2016). Im Sinne einer transformativen Forschung erzeugen Reallabore, als Orte der gemeinsamen Reflektion und des gesellschaftlichen Lernens über Wandel, handlungsleitendes Wissen und tragen über realweltliche Experimente zu strukturellen Veränderungen bei (Schäpke et al., 2017). Um im Sinne des transformativen Lernens nach Singer-Brodowski (2016) einen individuellen und kollektiven Wandel, hin zu einer größeren Reflexivität, gesellschaftlicher Kritik und Engagement, zu ermöglichen, müssen Bildungsprojekte erfahrungsorientiert gestaltet sein. Bildung als solche, gilt jedoch bisher eher als ein randständiger Aspekt von Reallaboren (Beecroft & Parodi, 2016). Als Bildungsorte stellen sie jedoch eine ideale Basis für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in einer authentischen Lernumgebung dar. So können Reallabore gleichzeitig der Ort für transdisziplinäre Forschung und forschendes Lernen im Sinne einer BNE sein (Schneidewind & Singer Brodowski, 2015). Ein Schwerpunkt der transformativen Maßnahmen im Reallabor Queichland liegt in der Anwendung von digitalen Medien und der Vernetzung der virtuellen mit der realen Welt. Hierdurch wird eine kontinuierliche Erweiterung und Optimierung der vor Ort stattfindenden Interventionen ermöglicht.

### **Digitale Medien**

Mittels zeitgemäßer digitaler Elemente (Augmented Reality, Virtual Reality, QR-Codes etc.) werden Menschen aller Altersgruppen im Reallabor Queichland virtuell für Umweltthemen sensibilisiert und motiviert. Durch die Einbindung digitaler Medien gelingt eine räumliche und zeitliche Interaktion vor Ort, die darüber hinaus eine aktuelle Erweiterung der Themenkomplexe ermöglicht. Augmented (AR) und Virtual Reality (VR) stellen einen Durchbruch der Informationstechnologie für den Bildungsbereich dar, weil dadurch Schüler\*innen aktiver in ihre eigenen Lernprozesse eingebunden werden und kooperatives Lernen gefördert wird (Núñez, Quirós, Núñez, Carda, & Camahort, 2008). So lässt sich durch eine digitale Erweiterung beispielsweise eine Vielzahl an abstrakten Phänomenen vereinfacht darstellen (Dörner, Broll, Grimm & Jung, 2013). Herausforderungen, wie beispielsweise der Umgang mit Modellen (Terzer & Belzen, 2007), können minimiert werden, wenn Schüler\*innen das Modell innerhalb der virtuellen Umgebung vergrößern, verkleinern, drehen und ihre eigene Perspektive wechseln können (Núñez et al., 2008). Häufig können Schüler\*innen aufkommende Fragen und Probleme bei der Betrachtung von Modellen durch eine geschickte Manipulation der virtuellen Realität selbständig lösen (ebd.). Interaktiv erweiterte Darstellungen auf Teilchenebene können vor allem bei Experimenten zu einem nachhaltig erhöhten Verständnis führen (Broll, 2013). Neben einem signifikanten Wissenszuwachs bedingt AR ebenfalls eine gesteigerte Flow-Erfahrung (Ibáñez, Di Serio, Villarán & Delgado Kloos, 2014). Dieser motivationsfördernde Effekt beim Einsatz von neuen Medien wurde auch im Hinblick auf die selbständige Erarbeitung von Sachverhalten mit einer VR Umgebung aufgedeckt (Radu, 2012). VR Elemente zeigen weiteres Potential bei der Differenzierung: Durch die individuelle Steuerungsmöglichkeit von relevanten oder ablenkenden visuellen und auditiven Reizen ist bei Schüler\*innen mit Aufmerksamkeitsdefiziten zielgerichtetes Lernen möglich (Rizzo et al, 2004). Im „Horizon Report“ für die Sekundarstufe wird prognostiziert, dass

sich bis 2019 vor allem die VR Technologie im Bildungssektor etabliert hat (Adams Becker, Freeman, Giesinger Hall, Cummins, & Yuhnke, 2016). Im Reallabor Queichland werden zwei innovative Technologien, die virtuelle und die augmentierte Realität, nach einem explorativen Vorgehen eingesetzt.

(1) Virtuelle Realität: Das Gelände des Reallabors wurde zur Vor- und Nachbereitung im Unterricht virtualisiert. Die Hintergrundfotografien für die virtuelle Realität wurden mit einer 360° Kamera aufgenommen und mit dem Free-Ware-Programm A-Frame zusammengefügt sowie mit Icons, Bildern, Videos und Links versehen. Das Produkt ist online einsehbar<sup>1</sup>. Zur Bewertung der Praxistauglichkeit wurde mit einem Gymnasiallehrer (33 Jahre, Medienbeauftragter, fünfjährige Lehrerfahrung) ein Experteninterview durchgeführt. Die redigierten Textpassagen des Interviews wurden mit einem deduktiv-induktiv entwickelten Kategoriensystem nach der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Ausgewählte Ankerbeispiele werden im Folgenden kurz skizziert. Ausgehend von den „Vorgaben vom Land, Stichwort Digitalisierung der Bildung“ und der „Ausstattung der Schule (. . .) [als] Grundlage“ bemängelt er Kompetenz und Einstellung zu digitalen Medien (vgl. Bildat, Gross, & Dimitriadis, 2007; Dickhäuser, 2011): „Die Fähigkeiten und die Interessen der Kollegen sind eigentlich das Problem!“. In Bezug auf die virtuelle Umgebung sieht er Vorteile für Lehr-Lern-Settings: „Wenn ein außerschulischer Lernort in dieser virtuellen Realität so abgebildet wird, dass ich in der Nachbereitung etwas rekapitulieren kann, ist das auf jeden Fall sinnvoll, in der Vorbereitung auch.“ und „Die Schüler können sich das wesentlich besser vorstellen, als an einem Bild oder durch eine Beschreibung.“ Er merkt allerdings auch an, dass „VR (. . .) trotzdem kein Ersatz für eine Besichtigung vor Ort“ ist. Die vorgestellte virtuelle Umgebung „ist intuitiv“ aber „grundsätzlich ist alles noch optimierbar“.

(2) Augmentierte Realität: Ein Modellexperiment zur Gewässerreinigung mittels Moringa Samen (Pritchard, Craven, Mkandawire, Edmondson & O'Neill, 2010) wurde digital erweitert. In der Planungsphase wurden Zeitungsartikel, Bilder und Videos erstellt sowie mit dem kostenfreien Programm Blender 3D Modelle entwickelt. Das Open-Source-Programm HP Reveal verknüpft diese Inhalte mit Markern auf Arbeitsblättern. Die Unterrichtseinheit wurde in Kleingruppen mit einem Grundkurs ( $n = 16$ , Alter  $M = 17$  Jahre,  $\varphi = 67\%$ ) durchgeführt. Für die Nutzung der digitalen Elemente wurden iPads bereitgestellt, die über einen mobilen Hotspot mit dem Internet verbunden waren. Zur Einzelfalldiagnose wurde ein Schüler mit einer GoPro aus Egoperspektive gefilmt. Die Evaluation erfolgte mittels Fragebogen zu den Konstrukten Digitales Selbstkonzept (Dickhäuser, 2001), Aktuelles Interesse (Fechner, 2009), Cognitive Load (Leppink, Paas, F., Van der Vleuten, C. P., Van Gog, T. & Van Merriënboer) und Usability (Prümer, 2008). Die Lernenden waren interessiert an den digitalen Elementen ( $M = 2.92$  von 4,  $SD = 0.85$ ) und zeigten ein hohes digitales Selbstkonzept ( $M = 2.95$  von 4,  $SD = 0.83$ ). Während der intrinsic cognitive load gering eingeschätzt wurde ( $M = 2.80$  von 10,  $SD = 2.23$ ), wies der extraneous cognitive load einen höheren Wert auf ( $M = 3.94$  von 10,  $SD = 2.44$ ). Dies lässt sich so interpretieren, dass der Lerninhalt zwar einfach aber der Umgang mit der erweiterten Realität schwieriger wahrgenommen wird. Dadurch lag der germane cognitive load im mittleren Bereich ( $M = 4.64$  von 10,  $SD = 2.89$ ). Die Usability wurde insgesamt positiv bewertet ( $M = 1.03$  von -3 bis +3,  $SD = 1.46$ ), deckt allerdings in den Subskalen Aufgabenangemessenheit ( $M = 0.95$ ,  $SD = 1.34$ ), Selbstbeschreibungsfähigkeit ( $M = 0.73$  von -3 bis +3,  $SD = 1.43$ ), Erwartungskonformität ( $M = 0.92$ ,  $SD = 1.59$ ) und Steuerbarkeit ( $M = 0.80$ ,  $SD = 1.42$ ) Verbesserungspotential auf. Lediglich die Lernförderlichkeit ( $M = 1.77$ ,  $SD = 1.29$ ) erreicht den Mindestwert für gute Software von über eins (Prümer, 2008). Im Anschluss an die Pilotierung wurde die Unterrichtseinheit über OER auf Wikiversity frei zugänglich gemacht<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> [https://uni-landau.de/reallabor\\_queichland/VR](https://uni-landau.de/reallabor_queichland/VR)

<sup>2</sup> [https://de.wikiversity.org/wiki/Umweltparcours\\_-Queichland/Moringa-Protein\\_5DOM\\_im\\_Kontext\\_Schule](https://de.wikiversity.org/wiki/Umweltparcours_-Queichland/Moringa-Protein_5DOM_im_Kontext_Schule)

## Literatur

- Acatec (2017). *Innovationsindikator 2017*. Berlin: Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.
- Adams Becker, S., Freeman, A., Giesinger Hall, C., Cummins, M. and Yuhnke, B. (2016). *NMC/CoSN Horizon Report: 2016 K-12 Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium
- Beecroft, R. & Parodi, O. (2016): Reallabore als Orte der Nachhaltigkeitsforschung und Transformation - Einführung in den Schwerpunkt. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, 25 (3), 4-8
- Bildat, L., Gross, M. & Dimitriadis, S. (2007). E-Learning at a German University: The Teaching Staff's Point Of View. Results and Consequences of a Survey at the Leuphana University of Lüneburg. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 2 (3), 9-20
- Broll, W. (2013). Augmentierte Realität. In Dörner, R., Broll, W., Grimm, P. & Jung, B. (Hrsg.), *Virtual und Augmented Reality (VR/AR) – Grundlagen und Methoden der virtuellen und augmentierten Realität*. Berlin: Springer Verlag
- Dickhäuser, O. (2001). *Nutzung von Computern – Evidenz für ein Erwartung-Wert-Modell und seine Anwendung zur Erklärung von Geschlechtsunterschieden*. Gießen: Universität Gießen
- Dörner, R., Broll, W., Grimm, P. & Jung, B. (Hrsg.) (2013). *Virtual und Augmented Reality (VR/AR) – Grundlagen und Methoden der virtuellen und augmentierten Realität*. Berlin: Springer Verlag
- Engl, A. & Risch, B. (2015). Das Schülerlabor „Freilandmobil“. In Haupt, O. J. (Hrsg.), *Festschrift. 10. LeLa Jahrestagung*. Dänischenhagen: LernortLabor – Budensverband der Schülerlabore e. V.
- Fechner, S. (2009). *Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education*. Berlin: Logos Verlag
- Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D. & Delgado Kloos, C. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71 (2), 1-13
- Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P., Van Gog, T. & Van Merriënboer, J. J. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior research methods*, 45 (4), 1058-1072
- Núñez, M., Quirós, R., Núñez, I., Carda, J. B. & Camahort, E. (2008): Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. In Mauri, J. L., Zaharim, A., Kolyshkin, A., Hatziprokopiou, M., Lazakidou, A., Kalogiannakis, M. & Bardis, N. (Ed.), *5th WSEAS / IASME International Conference on ENGINEERING EDUCATION (EE'08)*.-277. Heraklion: WSEAS
- OECD (2017). *OECD Digital Economy Outlook 2017*. Paris: OECD Publishing
- Pritchard, M., Craven, T., Mkandawire, T., Edmondson, A. S. & O'Neill, J. G. (2010). A comparison between Moringa oleifera and chemical coagulants in the purification of drinking water – An alternative sustainable solution for developing countries. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35 (13-14), 798-805
- Prümper, J. (1997). Der Benutzungsfragebogen ISONORM 9241/10: Ergebnisse zur Reliabilität und Validität. In Liskowsky, R., Velichkovsky, B. M. & Wünschmann, W. (Hrsg.), *Software-Ergonomie '97 Usability Engineering: Integration von Mensch-Computer-Interaktion und Software-Entwicklung*. Wiesbaden: Vieweg+ Teubner Verlag
- Radu, I. (2012). Augmented Reality in Education: a meta-review and cross media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18 (6), 1533-1543
- Rizzo, A. A., Buckwalter, J. G., Bowerly, T., Van Der Zaag, C., Humphrey, L., Neumann U., Chua, C., Kyriakakis, C., Van Rooyen, A. & Sisemore, D. (2004). The Virtual Classroom: A Virtual Reality Environment for the Assessment and Rehabilitation of Attention Deficits. *CyberPsychology & Behavior*, 3 (3), 483-499
- Schäpke, N., Stelzer, F., Bergmann, M., Singer-Brodowski, M., Wanner, M., Caniglia, G. & Lang, D. J. (2017). *Reallabore im Kontext transformativer Forschung. Ansatzpunkte zur Konzeption und Einbettung in den internationalen Forschungsstand*. Lüneburg: Leuphana Universität
- Schehl, M. & Risch, B. (2013): Konzeption eines „Wasserparcours“ am Fluss Queich – Bildung für nachhaltige Entwicklung in einer authentischen Lernumgebung. In Deutsche Gesellschaft für Limnologie e.V. (Hrsg.), *Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung 2012*, Eigenverlag der DGL, Hardegsen
- Schneidewind, U. (2014). Urbane Reallabore – ein Blick in die aktuelle Forschung. *Planung neu denken*, 27 (3), 1-7
- Schneidewind, U. & Singer-Brodowski, M. (2015). Vom experimentellen Lernen zum transformativen Experimentieren - Reallabore als Katalysator für eine lernende Gesellschaft auf dem Weg zu einer Nachhaltigen Entwicklung. *Zeitschrift für Wirtschafts- und Unternehmensethik* 16 (1), 10-23
- Singer-Brodowski, M. & Schneidewind, U. (2017). Transformationsforschung: Im Labor der Wandlungsmutigen. *politische ökologie* 150 (32), 127-129
- Terzer, E. & Upmeyer zu Belzen, A. (2007). *Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch Modelle – Modellverständnis als Grundlage für Modellkompetenz*. Münster: IDB

## Vernetzung von fachlichen Konzepten im Fach Chemie

Mit der Einführung von Bildungsstandards für das Fach Chemie wurden Kompetenzen beschrieben, die die Schülerinnen und Schüler zu einer bestimmten Jahrgangsstufe erworben haben sollen (KMK, 2005). Ergebnisse von nationalen Studien wie die des IQB-Ländervergleichs 2012 haben gezeigt, dass viele Schülerinnen und Schüler, die an einer nicht gymnasialen Schulform den mittleren Schulabschluss anstreben, insbesondere in Nordrhein-Westfalen nicht die Regelstandards (Kompetenzstufe III) im Kompetenzbereich Fachwissen erreichen. Ein erheblicher Teil der Schülerschaft erfüllt sogar nicht die Mindeststandards (Kompetenzstufe II) (Pant, Stanat, Schroeders, Roppelt, Siegle & Pöhlmann, 2013). Die Schülerinnen und Schüler weisen daher fachliche Defizite in unterschiedlichem Umfang auf, die den Kompetenzerwerb im weiteren Verlauf des Chemieunterrichts erschweren. Eine mögliche Ursache hierfür kann die systematisch-hierarchische Struktur des Faches sein, die sich durch die Vernetzung von logisch aufeinander aufgebauten fachlichen Ideen, hier als Kernideen bezeichnet, ergibt. Neue Ideen und Konzepte, die auf anderen Kernideen aufbauen, können nur dann verstanden werden, wenn die vorangehende Kernidee bereits verstanden und internalisiert wurde. Die systematische Vernetzung der Kernideen ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern kumulativ zu lernen, d. h. neue Ideen und Konzepte an bereits vorhandene anzuknüpfen.

Um insbesondere Lernende zu fördern, die den Anschluss im Chemieunterricht verlieren und die Defizite aufgrund der vernetzten Struktur nur schwer aufholen können, ist es von wesentlicher Bedeutung zu untersuchen, welche Kernideen grundlegend für das weitere Verständnis im Chemieunterricht sind und wie die Beziehungen zwischen den Kernideen sowohl innerhalb eines Basiskonzepts als auch zwischen den Basiskonzepten sind. Learning Progressions bieten hier eine mögliche Ansatzstelle um die Vernetzung darzustellen und zu untersuchen.

### Theoretischer Hintergrund

Learning Progressions beschreiben hypothetische Lernwege und zeigen eine Abfolge von bestimmten Fähigkeiten und Kompetenzen auf, die Schülerinnen und Schüler über einen längeren Zeitraum erwerben sollen (Corcoran, Mosher, & Rogat, 2009; Duncan & Hmelo-Silver, 2009; Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Diese hypothetischen Lernwege werden in einer sogenannten strand map, einem Beziehungsnetz, dargestellt, in dem die Kernideen in einer systematisch-hierarchischen Reihenfolge abgebildet werden (AAAS, 2007).

Es gibt bereits einige Learning Progressions in unterschiedlichen Bereichen. Die American Association for the Advancement of Science hat im „Project 2061“ mehrere Learning Progressions für unterschiedliche Domänen wie „Life Science“ und „Physical Science“ entwickelt (AAAS, 2007). Ebenfalls gibt es eine Learning Progression zum Energiekonzept (Neumann, Viering, Boone & Fischer, 2013) und für die „Chemische Reaktion“ (Weber, 2018). Bisher gibt es jedoch noch keine Learning Progression, die die drei Basiskonzepte „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ vereint und die Abhängigkeiten der Kernideen innerhalb eines Basiskonzepts und zwischen den Basiskonzepten untersucht.

### Forschungsfrage

Können die in einer strand map systematisierten hypothetischen Abhängigkeiten zwischen Kernideen empirisch nachgewiesen werden?

### Design und Methode

Im Rahmen dieser Studie wurden Learning Progressions für die drei Basiskonzepte „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ (MSW NRW, 2011) für die ersten beiden Lernjahre des Chemieunterrichts entwickelt. Dazu wurden zunächst Kernideen für die drei Basiskonzepte formuliert. Diese beschreiben fachliche Kompetenzen, indem sie die Kernideen durch Erwartungen weiter ausdifferenzieren, von Wissen abgrenzen, die für das Verständnis der jeweiligen Kernidee nicht benötigt wird und typische Schülervorstellungen beschreiben. Insgesamt wurden 57 Kernideen identifiziert, die analog zu AAAS (2007), in einer hierarchisch-logischen Reihenfolge angeordnet und in einer strand map miteinander vernetzt wurden. Pro Kernidee wurden mindestens 5 Testaufgaben entwickelt. Ziel ist es, die angenommenen Abhängigkeiten zwischen den Kernideen in der strand map empirisch zu überprüfen, um hinreichende (hilfreiche) und notwendige Wissens Elemente für die fachliche Kompetenzentwicklung zu identifizieren, sodass Lehrkräfte diejenigen Kernideen erkennen, die den Schülerinnen und Schülern Probleme beim Verstehen bereiten und diese gezielter fördern und unterstützen können. Zur Überprüfung der Map wurden Schülerinnen und Schüler in den ersten beiden Lernjahren des Chemieunterrichts an Gesamtschulen und Gymnasien in Nordrhein-Westfalen getestet. Dazu wurde ein Fachwissenstest mit 348 Items im Multiple-Choice Single-Select Format entwickelt und im Quasi-Längsschnitt 1234 Schülerinnen und Schülern zum ersten (Schulhalbjahresende 02/2018) und 1186 Schülerinnen und Schülern zum zweiten Messzeitpunkt (Schuljahresende 07/2018) vorgelegt. Aufgrund der hohen Itemanzahl wurden die Items über einen balancierten Incomplete Block Design im Multi-Matrix-Design eingesetzt. Dabei wurden die Beziehungen der Kernideen in der strand map berücksichtigt, sodass in einem Testheft die Items zu der Kernidee vorkommen, die direkt miteinander verbunden sind. Für einige Auswertemethoden war es sinnvoll, dass die Schülerinnen und Schüler zu beiden Messzeitpunkten die gleichen Testaufgaben vorgelegt bekommen haben.

### Ergebnisse

Die IRT-Analysen für beide Messzeitpunkte zeigen sehr gute Personen- (.834) und Itemreliabilitäten (.931 für den 1. Messzeitpunkt und .918 für den 2. Messzeitpunkt). Die Reliabilität des kognitiven Fähigkeitstests (Heller & Perleth, 2000) ist ebenfalls zufriedenstellend. Die Itemschwierigkeit ist für den zweiten Messzeitpunkt für die drei Basiskonzepte „Chemische Reaktion“ ( $t(71) = 11.373, p \leq .001, d = 0.623$ ), „Energie“ ( $t(68) = 18.262, p \leq .001, d = 0.504$ ) und „Struktur der Materie“ ( $t(206) = 10.305, p \leq .001, d = 0.575$ ) signifikant geringer als zum ersten Messzeitpunkt. Innerhalb eines Basiskonzepts ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Itemschwierigkeiten für den ersten Messzeitpunkt ( $F(2,345) = 1.565, p = .211, \eta^2 = .009$ ) und den zweiten Messzeitpunkt ( $F(2, 345) = 1.410, p = .246, \eta^2 = .008$ ). Da es keine standardisierte Methode gibt, um die angenommenen Abhängigkeiten der Kernideen in der strand map zu untersuchen, werden hier verschiedene Methoden mit unterschiedlichen Foki eingesetzt, um Aussagen über notwendige oder hinreichende Beziehungen der Kernideen treffen zu können.

Für die Analysen der Abhängigkeit muss ein Grenzwert gesetzt werden, ab dem man die Kernidee für verstanden erklärt. Bei der nachfolgenden Berechnung ist die Kernidee verstanden, wenn die Schülerinnen und Schüler mindestens drei von fünf Items richtig beantwortet haben. Wurden weniger als drei Items zu der Kernidee falsch beantwortet, so ist die Kernidee nicht verstanden. Die exemplarische Überprüfung der Abhängigkeit zweier Kernideen (Kernidee 2 ist abhängig von Kernidee 1 bzw. Kernidee 1 muss verstanden

werden, damit Kernidee 2 verstanden werden kann) mit dem McNemar Test legt nahe, dass im Vergleich zum ersten Messzeitpunkt die Anzahl der Schülerinnen und Schüler zunimmt, die die vorausgesetzte Kernidee verstanden haben müssen, bevor sie die nachfolgende Kernidee verstehen. Auffällig ist dabei, dass die Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die die Kernidee 2 zum zweiten Messzeitpunkt verstanden haben, bevor sie die Kernidee 1 verstanden haben, relativ konstant bleibt.

**Tabelle 1:** Kreuztabelle zum ersten Messzeitpunkt

|           |      | Kernidee2 |      | Gesamt |
|-----------|------|-----------|------|--------|
|           |      | .00       | 1.00 |        |
| Kernidee1 | .00  | 46        | 7    | 53     |
|           | 1.00 | 10        | 19   | 29     |
| Gesamt    |      | 56        | 26   | 82     |

Struktur der Materie: Kernidee 2  
Stoffe können aufgrund messbarer Eigenschaften unterschieden und identifiziert werden.

**Tabelle 2:** Kreuztabelle zum zweiten Messzeitpunkt

|           |      | Kernidee2 |      | Gesamt |
|-----------|------|-----------|------|--------|
|           |      | .00       | 1.00 |        |
| Kernidee1 | .00  | 28        | 8    | 36     |
|           | 1.00 | 23        | 23   | 46     |
| Gesamt    |      | 51        | 31   | 82     |

Struktur der Materie: Kernidee 1  
Stoffe besitzen charakteristische Eigenschaften.

**Abbildung 1:** Abhängigkeit zwischen Kernidee 1 und Kernidee 2

### Fazit und Ausblick

Learning Progressions werden in dieser Studie verwendet um die Vernetzung von fachlichen Kernideen darzustellen und diese empirisch zu überprüfen. Die noch hypothetische Learning Progression kann als Orientierungs- und Strukturierungshilfe von Lehrkräften verwendet werden, um den Unterricht zu planen oder um die fachliche Vernetzung transparent zu machen. So kann außerdem gezielter an den Defiziten der Schülerinnen und Schüler gearbeitet werden und ihnen die Möglichkeit gegeben werden, Kompetenzen systematisch zu erwerben.

Es stehen Analysen der weiteren angenommenen Beziehungen mit dem McNemar-Test an. Außerdem folgen u. a. cross-lagged-panel Analysen über beide Messzeitpunkte (Kenny, 1975) sowie Analysen mit den Bayesschen Netzen (West et al., 2012).

### Literatur

- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2007). Atlas of Science Literacy. Volume 2. Washington, DC: AAAS.
- Corcoran, T., Mosher, F. A., & Rogat, A. (Eds.) (2009). Learning Progressions in Science. An Evidence-based Approach to Reform. Philadelphia, PA: CPRE.
- Duncan, R. G., & Hmelo-Silver, C. (2009). Editorial – Learning Progressions: Aligning Curriculum, Instruction, and Assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 606-609.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (Eds.) (2007). Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8. Washington, DC: The National Academies Press.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klasse. Revision (KFT 4-12+R). Göttingen: Beltz Test.
- Kenny, D. A. (1975). Cross-Lagged Panel Correlation: A Test for Spuriousness. *Psychological Bulletin*, 82 (6), 887-903.
- KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005c). Bildungsstandards für das Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.
- Ministerium Für Schule und Weiterbildung NRW (MSW NRW) (2011). Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften. Biologie, Chemie, Physik. Frechen: Ritterbach Verlag.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J. & Fischer, H. E. (2012). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162-188.
- Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., & Pöhlmann, C. (Hrsg.) (2013). The IQB National Assessment Study 2012. Competencies in Mathematics and the Sciences at the End of Secondary Level I. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Weber, K. (2018). Entwicklung und Validierung einer Learning Progression für das Konzept der chemischen Reaktion in der Sekundarstufe I. Berlin: Logos.
- West, P., Wise Rutstein, D., Mislevy, R. J., Liu, J., Levy, R., Dicerbo, K. E., Crawford, A., Choi, Y., Chapple, K., & Behrend, J. T. (2012). A Bayesian Network Approach to modelling Learning Progressions. In A. C. Alonzo & A. W. Gotwals (Eds.). *Learning Progressions in Science, Current Challenges and Future Directions* (pp. 257-292). Rotterdam: Sense Publishers.



## Modelle in der Atomphysik aus Lehrersicht

### Einleitung

Die Quantenphysik ist als abstrakte Beschreibung von Prozessen erst am Ende der Schulzeit eine Thematik des Physikunterrichts. Bis zur Sekundarstufe II haben sich die Schülerinnen und Schüler aber bereits aufgrund des Spiralcurriculums mittels klassischer Beschreibungen dem Konstrukt des Atoms genähert. In der Oberstufe selbst werden sie dann meist mit dem Bohrschen Atommodell und dem Orbitalmodell konfrontiert, welche halbklassische bzw. quantenmechanische Betrachtungen der Atomhülle darstellen.

Es ist nicht verwunderlich, dass sich im Zuge dessen die mentalen Modelle des Atoms seitens der Schülerinnen und Schüler in vielen Fällen nicht adäquat hin zur quantenphysikalischen Betrachtungsweise entwickeln. Klassische, lokal-deterministische mentale Modelle überwiegen laut vielen Untersuchungen immer noch am Ende der Schulzeit (Kalkanis, Hadzidaki & Stavrou, 2003). Auch kommt es oft dazu, dass ausgehend vom Bohrschen Atommodell und dem Orbitalmodell Hybridvorstellungen gebildet werden (Petri & Niederrerr, 1998) oder beide Modelle unabhängig voneinander je nach Kontext benutzt werden (Papageorgiou, Markos & Zarkadis, 2016).

Ein Aspekt, der bisher nicht oft betrachtet wurde, ist die Einstellung der Lehrerinnen und Lehrer bezüglich der Modelle, die in der Oberstufe Verwendung finden. Aus diesem Grund wurde erhoben, wie Lehrerinnen und Lehrer zu Beschreibungen der Atomhülle stehen und welche sie im Unterricht verwenden. Dabei ging es darum, welche Modelle Verwendung im Unterricht finden und welche die Lehrerinnen und Lehrer als „die wichtigsten“ in der Oberstufe sehen.

### Methode

Im Rahmen des Beta-Tests einer Onlineplattform<sup>1</sup> wurde eine Umfrage bestehend aus teils offenen und teils geschlossenen Fragebogenitems durchgeführt. Um Zugang zu besagter Plattform zu erhalten, mussten diese Items beantwortet werden. Dabei zielten die Fragen, welche den Lehrern und Lehrerinnen gestellt wurden, auf die Verwendung von Atommodellen im Unterricht ab, wohingegen die für alle anderen nach den Modellvorstellungen in der Atomphysik fragten. Für Lehrerinnen und Lehrer gab es 9 geschlossene Fragen und 3 offene Fragen, welche sich mit der Verwendung von Atommodellen in der Oberstufe befassten. Für alle anderen Teilnehmer gab es 10 geschlossene Items und 6 offene Items, wobei die geschlossenen eher Vorstellungen zur Atomhülle und die geschlossenen Nature of Science Aspekte von Modellen erfassten.

Die Items waren dabei an Müller (2003) und Ledermann et al. (2002) angelehnt, bzw. eigenständig formuliert worden. Eine Validierung der Fragenformulierung erfolgte mittels zweier Berufsschulklassen. An der Studie nahmen 226 Lehrerinnen und Lehrer teil. Da alle Teilnehmenden Zugang zu einer visuellen Lerneinheit für Quantenphysik bekommen wollten, kann ein wenigstens grundlegendes Interesse an Quantenphysik vorausgesetzt werden.

Die offenen Frageitems wurden im Anschluss an die Studie kategorisiert.

<sup>1</sup> <http://www.quantenspiegelungen.de>

### Auswertung der Daten

Die wichtigsten Atommodelle sind laut Lehrkräften in der Oberstufe das Orbitalmodell (118) und das Bohrsche Atommodell (114). Neben diesen beiden wurde auch das Rutherfordsche Modell von 14 Personen angegeben und 17 nannten noch sonstige Modelle (siehe Abb. 1).

Auf die Frage, welche Atommodelle neben dem Bohrschen Modell oder dem Orbitalmodell in der Oberstufe benutzt werden, hebt sich klar das Rutherfordsche Modell ab (siehe Abb. 2), welches 90 der Lehrkräfte angaben. 41 Lehrerinnen und Lehrer benutzen kein weiteres Modell neben dem Bohrschen und dem Orbitalmodell. Auch das Thomsonsche Modell findet bei 36 der Befragten eine Verwendung. Andere Modelle wurden von weniger als 25 Personen aufgelistet, darunter fielen das Daltonsche Modell (24), das Kugelwolkenmodell (21), das Potentialtopfmodell (16), das Schalenmodell (14), das Modell von Demokrit (10) oder sonstige Modelle (12). Einen historischen „klassischen“ Zugang gaben dabei 9 Lehrkräfte explizit an.

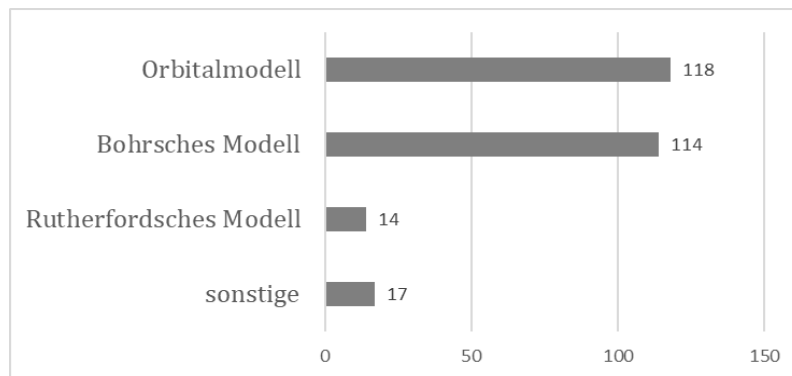


Abbildung 1: Die wichtigsten Atommodelle in der Oberstufe laut Lehrkräften (N=226).

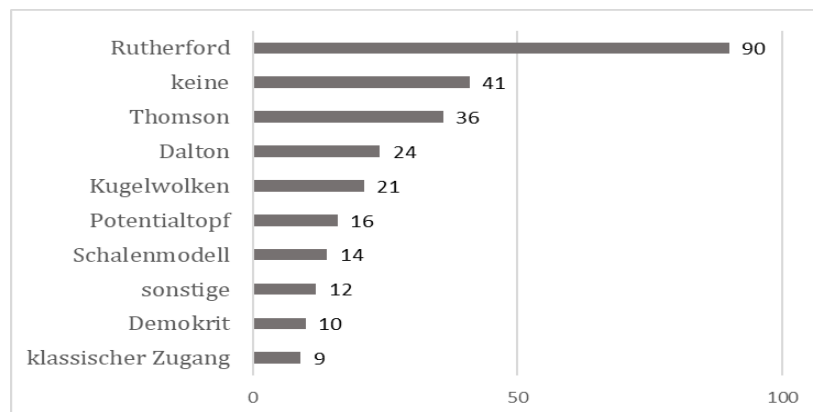


Abbildung 2: Modelle neben dem Bohrschen Atommodell und dem Orbitalmodell, die in der Oberstufe Verwendung finden (N=226).

Auf konkrete Fragen, welche Modellaspekte in ihrem Unterricht in der Oberstufe verwendet würden (Tabelle 1), kristallisierte sich bei den Lehrkräften die Angabe von Aufenthaltswahrscheinlichkeiten durch das Orbitalmodell als häufigste Antwort heraus:

Rund 80% aller befragter Lehrkräfte gab an, diesen Modellaspekt im Unterricht zu verwenden. Bei allen anderen Aspekten gab es keinen so eindeutigen Trend: knapp über 54% der Lehrkräfte gaben an, Elektronen im Unterricht als Ladungswolken zu beschreiben bzw. 55%, dass sie Elektronen mittels stehender Wellen zu modellieren. Eher klassische Modellierungen der Atomhülle mittels Elektronenbahnen hingegen werden von rund 43% der Lehrerinnen und Lehrer benutzt, wobei eine Kreisbahn ähnlich des Sonnensystems nur ca. 34% definitiv im Klassenraum verwenden. Das am seltensten verwendete Modell ist nach Angaben der Lehrkräfte das des Elektrons als Kugel, welchem nur 25% aller Befragten einen Platz im Unterricht einräumten.

*Tabelle 1: Verwendete Modelle von Atomen im Unterricht seitens Lehrkräften (N=226).*

| Fragestellung                                                                                      | Verwendung im Unterricht (in Prozent) |       |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------|------|
|                                                                                                    | ja                                    | teils | nein |
| 1. Ein Atom hat eine ähnliche Struktur wie das Sonnensystem (Planeten, die die Sonne umkreisen).   | 34,1                                  | 19,9  | 46,0 |
| 2. Elektronen sind kleine Kugeln mit festem Radius.                                                | 25,7                                  | 19,0  | 55,3 |
| 3. Elektronen in der Atomhülle sind Ladungswolken, die den Kern umgeben.                           | 54,4                                  | 23,9  | 21,7 |
| 4. Elektronen bewegen sich auf bestimmten Bahnen mit hoher Geschwindigkeit um den Atomkern.        | 43,4                                  | 20,8  | 35,8 |
| 5. Mögliche Aufenthaltsorte eines Elektrons in der Atomhülle werden durch sein Orbital modelliert. | 80,5                                  | 9,7   | 9,7  |
| 6. Elektronen in der Atomhülle werden mittels stehender Wellen modelliert.                         | 55,3                                  | 20,4  | 24,3 |

### **Diskussion der Daten und Ausblick**

Die Lehrkräfte schreiben dem Orbitalmodell eine nahezu gleiche Wichtigkeit wie dem Bohrschen Modell zu, es zeigt sich in der Auswertung der Daten aber auch, dass das Orbitalmodell das Modell ist, welches der größte Anteil der Lehrerinnen und Lehrer in ihrem Unterricht nach eigenen Angaben verwendet. Bei allen anderen Modellen herrscht eine sehr viel geringere Einigkeit der Befragten. So wird zum Beispiel eine klassische Modellierung von unter 50% verwendet. Auch benutzten fast ein Drittel der Lehrerinnen und Lehrer nach eigenen Angaben zusätzlich das Rutherfordsche Atommodell, auch wenn nur 14 es als eines der wichtigsten Modelle angaben.

Diese Uneinigkeit, die im Zusammenhang des Bohrschen Modells seitens der Lehrkräfte herrscht ist nicht unerheblich, vor allem wenn das Verständnis des abstrakteren Konzepts des Orbitalmodells durch die vorherige Verwendung von klassischen Modellen eingeschränkt zu werden scheint (Krijtenburg-Lewerissa et al., 2017). Eine nähere Betrachtung der Lernendenvorstellungen im Zusammenhang mit den im Unterricht verwendeten Atommodellen ist daher in Zukunft anzudenken, vor allem da sich auch unter den Lehrkräften kein Modell als alleiniger Favorit herauskristallisiert. Somit könnte nicht immer für Lernende transparent werden, welches Modell wieso benutzt wird und wieso es in bestimmten Situationen favorisiert wird, was dazu beitragen könnte, dass Lernenden verschiedene Modelle in verschiedenen Kontexten anwenden (Papageorgiou, Markos & Zarkadis, 2016). Auch ist es erforderlich, die Aussagen der Lehrkräfte mit der Unterrichtspraxis abzugleichen, da sie eventuell anders handeln, als sie es angeben.

### Literatur

- Kalkanis, G., Hadzidaki, P., & Stavrou, D. (2003). An instructional model for a radical conceptual change towards quantum mechanics concepts. *Science Education*, 87, 257-280.
- Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A., & Joolingen, W. R. (2017). Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. *Physical Review Physics Education Research*, 13, 010109 .
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 497-521.
- Müller, R (2003). *Quantenphysik in der Schule*. Berlin: Logos-Verlag
- Papageorgiou, G., Markos, A., & Zarkadis, N. (2016). Students' representations of the atomic structure – the effect of some individual differences in particular task contexts. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 209-219.
- Petri, J., & Niedderer, H. (1998). A learning pathway in high-school level quantum atomic physics. *International Journal of Science Education*, 20 (9), 1075-1088.

## Lernzuwachs beim Einstieg in die Quantenphysik mit Realexperimenten

### Einbettung und Ziele

Das Doppelspaltexperiment „als didaktischer Alleskönner“ (vgl. Leisen, 2000) stellt für die Schule in vielfältigen Unterrichtskonzeptionen ein Schlüsselexperiment zum Einstieg in die Quantenphysik dar (vgl. Schulministerium NRW, 2014, Wiesner & Schorn, 2015). Dabei kommen Lehrtexte, Simulationen, Bilder und Videos (vgl. Müller & Wiesner, 2002) zum Einsatz, die einen qualitativen Zugang zu grundlegenden Phänomenen der Quantenphysik ermöglichen. In Aachen wurden als mediale Ergänzung ein Doppelspaltexperiment mit wenigen Photonen (vgl. Kral et al., 2017) und ein Doppelspaltexperiment mit Farbtropfen entwickelt, die auf fachdidaktischen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten verschiedener Gruppen aufbauen (Weis & Wynands, 2003; Dimitrova & Weis, 2008; Leutner et al., 2010; Rueckner & Peidle, 2013) und gleichzeitig die Erfordernisse der Schulpraxis konsequent berücksichtigen (vgl. Kral et al., 2016).

Inwieweit das entwickelte Realexperiment Kriterien zur Schulpraxistauglichkeit (s. Abb. 1) genügt, wird im Rahmen einer empirischen Studie untersucht. Erste Ergebnisse hierzu werden im vorliegenden Beitrag exemplarisch vorgestellt, wobei die Wahrnehmung der experimentellen Ergebnisse durch die Schülerinnen und Schüler (SuS) und ihr mit einem Fachwissens-test ermittelter Lernzuwachs im Mittelpunkt stehen.



Abb. 1: Schematische Darstellung verschiedener Kriterien zur Entwicklung von Realexperimenten für den praxistauglichen Einsatz in Schulen aus drei Perspektiven

### Kriterien zur Entwicklung praxistauglicher Realexperimente für die Schule

Ziel ist es die Praxistauglichkeit des entwickelten Realexperiments beim Einsatz in der Schule zu beurteilen. Dazu wird das Experiment aus drei verschiedenen Perspektiven untersucht (vgl. Abb. 1). Neben einer Betrachtung der im Realexperiment aufgenommenen Messergebnisse

wird eine Studie mit Lehrkräften sowie mit Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Mit einem umfangreichen Studiendesign werden vielfältige Aspekte der Praxistauglichkeit genauer in den Blick genommen. Exemplarisch werden im Folgenden erste Ergebnisse zum Beobachtungsprozess der SuS vorgestellt, der maßgeblich für den erreichbaren, mittels Fragebogen überprüften Lernzuwachs ist.

### Stochastische Vorhersagbarkeit mit dem entwickelten Realexperiment

Das Experiment ist grundsätzlich in der Lage den Prozess der Entwicklung des Messergebnisses von einzelnen Ereignissen, deren lokales Erscheinen dem Zufall unterliegt, bis zur statistischen Vorhersage des Beugungsbildes (vgl. Müller, 2016) zu visualisieren. Der erste Einsatz im Unterricht zeigte bisher, dass SuS dem detektierten Licht in den ersten Sekunden der Durchführung des Experiments ein zufälliges und unstrukturiertes Verhalten zuordnen, bei dem sich Einzelereignisse nicht vorhersagen lassen. Erst nach einer gewissen Zeit bildet sich aus vielen Einzelereignissen eine systematische Verteilung heraus, die es ermöglicht, stochastische Aussagen über Einzelereignisse vorzunehmen (vgl. Abb. 2). Im Folgenden wird der Beobachtungsprozess der SuS genauer untersucht, da dieser maßgeblich den mit dem Experiment erreichbaren Lernzuwachs mitbestimmt. Es wird betrachtet, inwieweit SuS die in Abb. 2 dargestellten Interferenzbilder in verschiedenen Entwicklungsstadien ihrer Ausprägung als solche wahrnehmen. Dazu wählten sie bei der Durchführung des Realexperiments jeweils nach einer bestimmten Zeit die Verteilung aus, die am ehesten ihrer Beobachtung des aktuellen Messergebnisses entsprach. Erste Resultate für  $N = 43$  SuS führten zu der Erkenntnis, dass die SuS nach 10 Sekunden Dauer einer Messung i.d.R. noch nicht in der Lage waren die beobachtete Flächenverteilung der Einzelereignisse einem Interferenzmuster zuzuordnen.

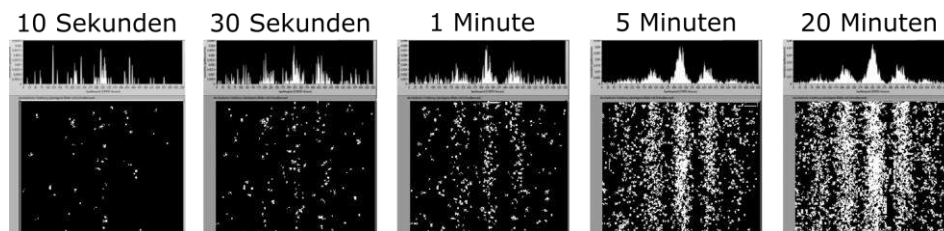


Abb. 2: Beispielmessung für die Entwicklung eines Interferenzbildes des Experiments PHODE am Doppelspalt nach verschiedenen Messdauern

Doch wie lange dauert es im Beobachtungsprozess, bis ein Doppelspalt-Interferenzbild von den beobachtenden SuS wahrgenommen wird? Nach einer Messdauer von einer halben Minute entscheiden sich ca. die Hälfte der Studienteilnehmer für eine Verteilung, die einem Interferenzbild entspricht. Nach einer Minute sind es bereits 97%. Damit zeigte sich, dass das entwickelte Experiment Schülerinnen und Schülern sowohl das statistische Verhalten für Einzelereignisse als auch die resultierende Verteilung des Beugungsbildes erfolgreich darbieten kann, wobei letzteres nach nur wenigen Minuten und damit praxistauglich für den Einsatz im Unterricht gelingt. Dabei muss einschränkend erwähnt werden, dass einzelne SuS beim späteren Zeichnen eines Interferenzmusters Beugungsminima mit einem Intensitätsoffset gezeichnet haben. Folglich werden solche Minima nicht immer als Bereiche erkannt, in denen nahezu kein Licht detektiert wird.

### Lernzuwachs

Das Realexperiment wurde in einer Unterrichtseinheit zum Einstieg in die Quantenphysik in vier Schulen durchgeführt, in der Phänomene aus der Quantenphysik den entsprechenden Ergebnissen der klassischen, deterministischen Mechanik gegenübergestellt wurden. Zur Erhe-

bung des Fachwissens der SuS zur klassischen Physik und zur Quantenphysik wurde ein Fragebogen vor und nach der Intervention mit jeweils acht Items eingesetzt, wobei die verwendeten Items auf früheren Forschungsarbeiten basieren und eine quantitative Bewertung des Fachwissens erlauben (vgl. Müller, 2003; Schorn, 2015). Bei einer Betrachtung der von den Probanden erzielten Gesamtpunkte für die beiden Testteile zeigt ein Mittelwertvergleich der Pre-Post-Ergebnisse einen statistisch signifikanten Unterschied der Lösungswahrscheinlichkeiten sowohl für die Items zur klassischen Physik ( $t = -4.940$ ,  $p = .000$ ,  $N = 71$ ) als auch für die Items zur Quantenphysik ( $t = -8.845$ ,  $p = .001$ ,  $N = 71$ ). Somit schneiden die SuS nach der Intervention zu beiden Inhaltsbereichen statistisch signifikant besser ab als vor der Intervention. Die Effektstärke nach Cohen (vgl. Cohen, 1988) entspricht einem starken Effekt im Bereich der klassischen Physik ( $r = -.59$ ), als auch im Bereich der Quantenphysik ( $r = -.105$ ).

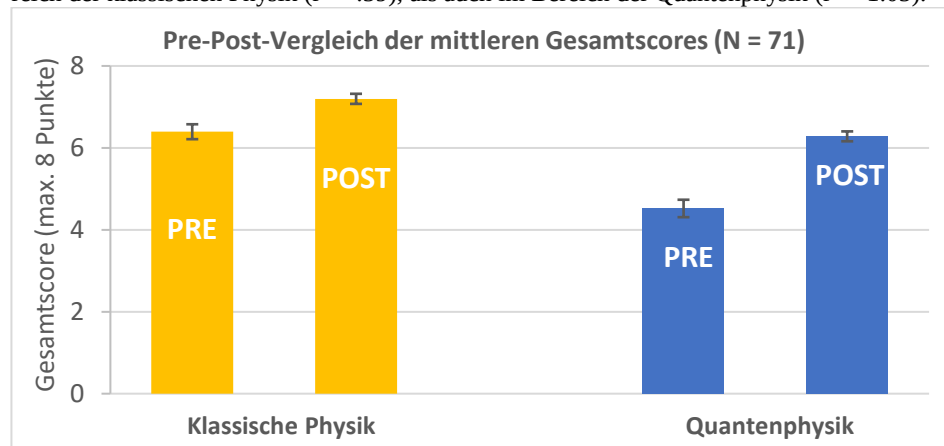


Abb. 3: Vergleich der Mittelwerte der Gesamtscores in einem Pre- und Post-Fachwissenstest für Inhalte aus der klassischen Physik und aus der Quantenphysik (t-Test)

Diese ersten Ergebnisse sind allerdings noch mit Bedacht zu interpretieren, da nicht-kognitive Faktoren wie das Interesse, die Motivation und das Selbstkonzept bisher ebenso unberücksichtigt geblieben sind, wie der Einfluss des Vorwissens in den hier untersuchten äußerst heterogenen Lerngruppen. Zudem wurde bei dieser ersten Erprobung zur Pilotierung des Testinstrumentes auf einen Follow-up-Test verzichtet.

### Fazit und Ausblick

In einer empirischen Studie wurde die Wirksamkeit eines entwickelten Realexperiments zum Einstieg in die Quantenphysik beim Einsatz in der Schulpraxis untersucht. Erste Ergebnisse weisen darauf hin, dass die SuS die stochastische Vorhersagbarkeit quantenmechanischer Phänomene in dem Experiment wahrnehmen, wobei die hierfür notwendigen kurzen Messdauern schulpraxistauglich erscheinen. In einer weiteren Studie soll nun mit einer größeren Stichprobe untersucht werden, ob sich diese ersten Ergebnisse bestätigen lassen. Dabei wird auch analysiert, ob die Wahrnehmung der experimentellen Ergebnisse vom Vorwissen der Beobachtenden abhängt, wozu standardisierte Videos der zeitlichen Entwicklung der Intensitätsverteilung am Flächendetektor zum Einsatz kommen.

Beim Einsatz der Unterrichtseinheit zeigte sich ein signifikanter Zuwachs der Mittelwerte der Gesamtscores eines Fachwissenstests in den beiden Inhaltsbereichen der klassischen Physik und der Quantenphysik (t-Test), worauf auf einen Lernzuwachs der Probanden in diesen beiden Inhaltsbereichen geschlossen wurde. Im Rahmen einer weiterführenden Studie werden Korrelationen des Lernzuwachses zu nicht-kognitiven Faktoren und eine vermutete Abhängigkeit vom Vorwissen genauer untersucht.

## Literatur

- J. Cohen: Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2. Auflage. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale 1988, S. 79-80.
- Dimitrova, T. L. & Weis, A. (2008): The wave-particle duality of light: A demonstration experiment. Am. J. Phys. 76, 137.
- Kral, A. & Theis, C. & Heinke, H. (2016): Der Photonendetektor für die Schule als Einstieg in die Quantenphysik. Didaktik der Physik Frühjahrstagung Hannover.  
online unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/722/851> (Stand 10/2018)
- Kral, A. & Theis, C. & Schorn, B. & Heinke, H. (2017). Praxistauglicher Einstieg in die Quantenphysik mit Realexperimenten. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 400). Universität Regensburg;  
online unter [http://www.gdcp.de/images/tb2017/TB2017\\_400\\_Kral.pdf](http://www.gdcp.de/images/tb2017/TB2017_400_Kral.pdf) (Stand 10/2018).
- Leisen, J. (2000): Quantenphysik Mikroobjekte - Handreichung zum neuen Lehrplan Physik in der S II. In PZ-Information 2/2000.
- Leutner, S., Scholz, R., Friege, G. (2010): Einsatz eines Mach-Zehnder-Interferometers mit abgeschwächter Lichtquelle für einen experimentellen Einstieg in die Quantenmechanik. Didaktik der Physik Frühjahrstagung, Hannover.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2014): Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Physik. Online verfügbar unter [https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/160/KLP\\_GOST\\_Physik.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/160/KLP_GOST_Physik.pdf) (Stand 10/2018).
- Müller, R. & Wiesner, H. (2002). Teaching quantum mechanics on an introductory level. Am. J. Phys. 70 (3), 200–209.
- Müller, R. (2003): Quantenphysik in der Schule. Berlin: Logos.
- Rueckner, W. & Peidle, J. (2013): A lecture demonstration of single photon interference. Am. J. Phys 81(12), 951-958.
- Schorn, B. (2014): Quantenphysik in der Schule. Eine Unterrichtskonzeption zur Einführung in die Quantenphysik für die 10. Jahrgangsstufe. Dissertation Technische Universität Dresden.
- Weis, A. & Wynands, R. (2003): Three demonstration experiments on the wave and particle nature of light. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule. PhyDid 1/2. S.67-73.
- Wiesner, H. & Schorn, B. (2015): Das Münchener Internetprojekt - zur Lehrerfortbildung (milq) in der 10. Jahrgangsstufe. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 4/64, S. 22-29.



Michael M. Hull<sup>1</sup>  
Taku Nakamura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Vienna  
<sup>2</sup>Gifu University

## Understanding Half-Life as Emergent

### Introduction

Ionizing radiation is utilized around the world for energy, industrial, and medical purposes. However, common use of a technology does not mean that it is commonly understood. Students fail to distinguish radioactive substances from the radiation they emit and consequently think that plumes of radiation arose from the destruction at Chernobyl and were carried by the wind (*e.g.*, Riesch & Westphal, 1975; Eijkelhof, 1990; Neumann & Hopf, 2013; Millar, Klaassen & Eijkelhof, 1990; Johnson & Hafele, 2010). Many mistakenly assume that exposure to nuclear radiation makes objects and people radioactive themselves (*e.g.*, Eijkelhof, 1990; Millar, Klaassen & Eijkelhof, 1990; Johnson & Hafele, 2010; Prather & Harrington, 2001). In short, people tend to treat radioactive substances as carrying something like a disease which can spread to other objects and people. Consistent with this, students seem to struggle with the stochastic picture of radioactivity (Eijkelhof, 1990). It is taken as random whether a piece of nuclear radiation will ionize a DNA molecule or not, and it is taken as random when an individual nucleus will fission. Although, provided a sufficiently large number of radioactive nuclei, we can model the decay as being continuous and predictable with a characteristic half-life, the decay is in fact comprised of single and randomly occurring fission events. That is, the continuous decay, as well as the half-life concept, is an emergent property of the sample, not a property of the individual nuclei comprising the sample. Literature, particularly from mathematics education, has documented the existence of myriad student difficulties in understanding randomness (*e.g.*, Green, 1983; Shaughnessy & Zawojewski, 1999). It is thus perhaps unsurprising that, when faced with an emergent phenomena where the individual agents exhibit random characteristics, students tend to overlook the randomness, attributing instead the predictable attributes of the collective sample. This “deterministic mindset” (Wilensky, 1999) is prevalently found in students engaging with topics ranging from evolution (the parents make a conscious decision to have children with a genetic mutation) to slime mold aggregation (the individual mold cells follow the instructions of leader cells to aggregate or disperse). Specific to radioactivity, research has documented students applying the half-life concept to individual nuclei to conclude, for example, that individual atoms break apart over a prolonged period of time, such that, after one half-life, only half of the individual atom remains (Klaassen, Eijkelhof & Lijnse, 1990; Jansky). The view that all of a radioactive substance is “inactive” or gone after one half-life (*e.g.*, Lijnse, Eijkelhof, Klaassen & Scholte, 1990) could arise from a similar process. We aim to better understand student views regarding the emergent and random nature of radioactivity, with the eventual goal being to help them connect the picture of the single random nucleus with that of the predictable radioactive sample.

### Cloud Chamber Workshops

In February and March 2018, one of us (TN) served as guest instructor for four subsequent lessons on radioactivity in various junior high schools in Gifu, Japan. These four lessons were two hours each and featured an affordable, portable, and sensitive cloud chamber that TN designed and built. The details of the cloud chamber and of the workshop series will be submitted for publication to the next issue of *Plus Lucis*. Relevant to this report is the effect the lessons, particularly observations with the cloud chamber, had on students' perceptions of the random nature of radioactivity. TN administered a survey to 240 junior high school students who took part in the workshop as a pre-test (before the first lesson) and as a post-

test, after the second lesson (the third and fourth lessons did not utilize the cloud chamber). Although more details of the survey findings will be in the Plus Lucis article, we will report highlights relevant for this paper here.

Question #1 of the survey asked students to draw a picture of their image of radiation and to explain the picture with words. Prior to instruction with the cloud chamber, student pictures were generally of continuous waves coming from some source, such as the sun or a nuclear power plant. Post instruction, many students drew random zig-zags and lines like what they likely observed in the cloud chamber. Question #4 of the survey gives students the situation of a radioactive substance in a box. Students are told that, in the first 10 seconds, radiation was found in the top-left corner of the box. In the next 10 seconds, radiation was found in the top-right corner of the box. In the next ten seconds, radiation was found in the bottom-left corner of the box. Finally, students are given a multiple-choice question of where they think radiation will be found in the next 10 seconds. On the pre-test, the most common response was that the radiation would next be found in the bottom-right corner, an answer consistent with a deterministic mindset. On the post-test, however, the most common response was “it is not clear where it will be found.” This, together with the increase in random patterns drawn by students in the drawings, suggests an increased awareness of the random nature of radioactivity as a result of observing the cloud chamber.

Question #3 of the survey is a multiple-choice multiple-response question asking students to describe their views about how radiation comes out of radioactive substances. On the pre-test, the most common responses were “2: Although radiation does not appear at a fixed timing (for example, once per second), it is continuously emitted” (N= 56) and “4: It is quite unpredictable when radiation comes out. Also, we cannot predict the amount of radiation and there are no rules” (N=45). These two responses remained the most popular on the post-test as well, with N = 66 choosing statement #2 and N = 70 choosing statement #4. The answer consistent with a canonical explanation of half-life, “3: It is completely unpredictable when radiation comes out, but there is a rule regarding the amount of radiation that comes out on average (100 pieces of radiation per minute on average, for example)” was unpopular on both the pre-test (N= 27) and the post-test (N= 17). This is perhaps unsurprising, as only weak radioactive sources were used in the cloud chamber.

Student responses on questions 1 and 4 as well as previous research findings on student aversion to randomness led us to expect that statement 4 of question 3 would not be a popular selection on the pre-test. The fact that it was so commonly-chosen could indicate that the survey was not being completely understood as intended. Indeed, the survey is only in pilot form, and is yet to be validated. Nevertheless, we find that the preliminary data reported here supports the plausible argument that instruction centered upon a cloud chamber 1) helped students come to see the randomness inherent in radioactivity but 2) did not help them see that the continuous emission of strong radioactive sources is an emergent phenomena arising from a large number of random events.

### **Interview Study**

To better understand student reasoning about the emergent nature of radioactivity, MMH conducted semi-structured interviews in English with bilingual high school students in Vienna, Austria. With interviewee consent, these interviews were audio and video recorded. The data presented here comes from video clips of a single interviewee, to whom we give the pseudonym Bailey. This interview was chosen because 1) Bailey demonstrated an understanding of the random nature of radioactivity, for example, in saying “Atoms don’t follow a scheme... ten can fall apart at once, and then in the next two seconds, only one” and

2) because, as we present below, Bailey nevertheless had difficulties with the random nature of radioactivity, particularly regarding how predictable rules (such as half-life) can emerge from such randomness.

At one point of the interview, MMH asked Bailey to draw a graph “showing the decay of a single Radon-222 atom as time passes”. Bailey drew a step-function dropping from 1 to 0 after two days. When asked why two days was chosen, Bailey explained that it could have been any time, so long as it is within the half-life (roughly 4 days). With this data alone, one might suspect that Bailey simply does not have the knowledge of what half-life is, and hence interprets it to mean “lifetime”. This cannot be the full explanation, however, since on a different prompt earlier in the interview, Bailey explained that half of a sample of such atoms will remain after one half-life. An alternative explanation is that the presence of a half-life, a predictable property, triggered in Bailey a deterministic mindset that then led to attributing the predictable property to the constituents of the sample. Bailey contrasted the fission of the nucleus to the flipping of a coin saying “when I flip a coin, the probability that I get a tails is 50% but an atom is like, it has this specific amount of time. After that, it *will* break apart (emphasis Bailey’s).”

This mindset appears not to have been a rigidly-held one, but rather one that changed depending upon the context. During the interview, MMH had Bailey consider and compare several analogies involving flipping coins, and then asked how confident Bailey was with various answers given earlier in the interview, including to the graph prompt. At this point, Bailey changed the answer to the graph prompt to the correct one, that although the function is a step from 1 to 0, it is not restricted to lie within one (or even two) half-lives, and Bailey used one of the analogies to justify the correction. This should not be seen as evidence for any kind of conceptual change resulting from the analogies, however, for several reasons. First of all, the time scale during which Bailey corrected the graph was roughly 30 minutes, far less than what is typically considered necessary for conceptual change. Second of all, when asked how confident Bailey was with the revised graph, Bailey responded “5 out of 10”. Finally, when asked which day the atom would be most likely to fission, Bailey reverted to utilizing the deterministic mindset and answered “on the third day... on the fourth day, it is like fifty-fifty, so it might already be gone.” In this slightly different context, Bailey has reverted to attributing the half-life property of the collective sample to the individual constituents, thinking each one to have a “fifty-fifty” chance to break apart on the day marking the half-life.

### Discussion and Conclusion

It seems that lessons introducing junior high school students to a cloud chamber can succeed in increasing their awareness about the random nature of radioactivity. However, despite such awareness, students can nevertheless have difficulty to connect this randomness to predictable behavior of radioactive sources, such as half-life. Bailey, for example, attributed the predictable characteristic of half-life that applies to the radioactive sample to the constituent atoms, thinking it to be a day of significance for the individual atoms as well as the collective sample. It is noteworthy, however, that this “deterministic mindset” (Wilensky, 1999) does not seem to be stably in place, but rather to shift from context to context. Additional research is planned to continue investigating student reasoning about the emergent nature of radioactivity, with the eventual goal of helping students overcome the propensity to a “deterministic mindset” and to successfully connect the randomness inherent in individual nuclei to the predictions that can be made regarding a collection of a large number of such nuclei.

### Literatur

- Eijkelhof, H.M.C. (1990). Radiation and Risk in Physics Education. CD[beta] Press
- Green, D.R. (1983). School Pupils' Probability Concepts. *Teaching Statistics* 5, 34
- Jansky, A. (In Progress)
- Johnson, A. & Hafele, A. (2010). Exploring Student Understanding Of Atoms And Radiation With The Atom Builder Simulator. In *AIP Conf. Proc.*, 177–180
- Klaassen, C.W.J.M., Eijkelhof, H.M.C, & Lijnse, P.L. (1990). Considering an alternative approach to teaching radioactivity. In *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education*, 304-316
- Lijnse, P.L., Eijkelhof, H.M.C, Klaassen, C.W.J.M., & Scholte, R.L.J. (1990). Pupils'and mass-media ideas about radioactivity. *International Journal of Science Education*, 12, 67
- Millar, R., Klaassen, K., & Eijkelhof, H. (1990). Teaching about radioactivity and ionizing radiation: an alternative approach. *Physics Education*, 25, 310
- Neumann, S. & Hopf, M. (2013). Students' Ideas About Nuclear Radiation–Before and After Fukushima. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 9 (4), 393-404
- Prather, E.E. & Harrington, R.R. (2001). Student understanding of ionizing radiation and radioactivity. *Journal of College Science Teaching* 31, 89
- Riesch, W. & Westphal, W. (1975). Modellhafte Schülervorstellungen zur Ausbreitung radioaktiver Strahlung. *Der Physikunterricht* 9, 75
- Shaughnessy, J.M. & Zawojewski, J.S. (1999). Secondary students' performance on data and chance in the 1996 NAEP. *The Mathematics Teacher*, 92 (8), 713
- Wilensky, U., & Resnick, M. (1999). Thinking in levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. *Journal of Science Education and Technology*, 8 (1), 3-19

## Einfluss konzeptioneller Instruktionen auf die Blickbewegung: Eye Tracking Studien im Kontext multipler Repräsentationen der mathematischen Physik

Das Verständnis physikalischer Zusammenhänge erfordert häufig die Koordination multipler Repräsentationen (Text, Gleichung, Abbildung, Diagramme, etc.), um ein kohärentes mentales Modell des betrachteten Konzepts zu bilden. Gerade bei komplexen Sachverhalten haben Lernende Schwierigkeiten mit diesen Repräsentationswechseln [1], führen diesen selten von alleine spontan durch [2] und benötigen deshalb instruktionale Unterstützung. In diesem Beitrag wird der Einfluss einer Instruktion auf die Performanz von Studierenden untersucht, wobei den Probanden der Bezug zwischen einer Gleichung und der Anwendung dieser Gleichung auf einen Diagrammtyp durch einen Text erklärt wird. Die anschließenden Aufgaben sehen vor, verschiedene Diagramme vom gleichen Typ hinsichtlich des instruierten Konzepts zu beurteilen. Bei der Instruktion wird die Stärke des Bezugs zwischen Gleichung, Text und Bild durch den Einsatz visueller Hilfen variiert. Die Augenbewegungen werden beim Lesen der Instruktion und beim anschließenden Problemlösen mit einem Eye Tracker aufgenommen, um das Blickverhalten in beiden Prozessen zu analysieren.

### Inhaltsbereich und Instruktionen

Themengebiet der Untersuchung ist die Interpretation von Vektorfeld-Darstellungen hinsichtlich mathematischer Konzepte wie Divergenz und Rotation. Studien zu diesem Gebiet haben gezeigt, dass Studierende kein hinreichendes konzeptionelles Verständnis dieser Begriffe haben und visuelle Darstellungen von Vektorfeldern oft missdeuten [3]. Beispielsweise werden Vektorfelder häufig intuitiv beurteilt, z.B. danach, ob die Vektorpfeile „auseinanderlaufen“ oder das Feld „sich krümmt“ - die Bezeichnung der Konzepte also wortwörtlich verstanden wird. Eine analytische Herangehensweise, die Divergenz eines (zweidimensionalen) Vektorfeldes  $\mathbf{F}$  zu bestimmen, ist durch die Darstellung des Operators in Kartesischen Koordinaten gegeben,

$$\operatorname{div} \mathbf{F} = \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y}.$$

Demnach ist das Feld in seine Richtungskomponenten zu zerlegen und es werden die partiellen Ableitungen dieser Feldkomponenten gebildet. Die rechnerische Anwendung dieser Standard-Gleichung des ersten Fachsemesters Physik bereitet Studierenden keine Probleme [4]. Eine visuelle Interpretation von graphischen Vektorfeld-Darstellungen hingegen stellt sowohl für angehende als auch für bereits graduierte Physikerinnen und Physiker nachweislich eine Herausforderung dar [4]. So werden manche Vektorfelder nur etwa von jedem Fünften korrekt hinsichtlich Divergenz und Rotation beurteilt, wie eigene Daten zeigen.

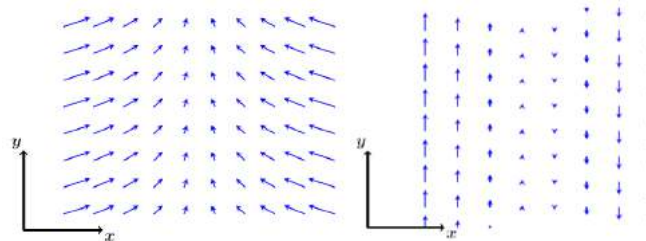


Abb. 1: Zwei Vektorfeld-Darstellungen. Die Divergenz des linken Feldes ist an jeder Stelle ungleich Null (und konstant), die des rechten ist überall gleich Null.

Die in diesem Zusammenhang thematisierte Fragestellung („Ist das Vektorfeld divergenzfrei?“) stellt eine didaktische Reduktion dar, bei der die Änderung der Feldkomponenten in x- bzw. in y-Richtung an einem beliebigen Ort im Feld zu beurteilen ist. Die für diese Frage nutzbaren Vektorfelder haben also überall (d.h. an jedem Ort) konstante Divergenz (Null bzw. ungleich Null), sodass die Veränderung von Feldkomponenten nicht in einer infinitesimalen Umgebung, sondern über größere Distanzen beurteilt werden kann. Abbildung 1 zeigt Beispiele, an denen die Strategie nachvollzogen werden kann.

Aufgrund des stark visuellen Charakters der Aufgabenstellung eignet sich die Eye Tracking Methode insbesondere zur Analyse des Problemlöseverhaltens. Die erwarteten Augenbewegung bei der Interpretation der Vektorfelder sind durch häufige horizontale und vertikale Sakkaden (entsprechend den Achsenrichtungen) gekennzeichnet [5].

Die konstruierte Instruktion zur Vermittlung der visuellen Strategie zwecks Interpretation der Divergenz von Vektorfeldern umfasst (1) die Definition der Divergenz in kartesischen Koordinaten gemäß obiger Gleichung und eine Erläuterung der Problemstellung, (2) Erläuterungen zur Interpretation der Gleichung in Bezug auf eine vektorielle Felddarstellung gemäß obigen Ausführungen (die Strategie) und (3) die graphische Abbildung des Vektorfeldes. Das Vektorfeld (3) wurde wie in Abbildung 1 durch den Einsatz von visuellen Hilfen (Version a) variiert. Die Hilfen sind konzeptioneller Natur und zeigen die Zerlegung der Vektorfeldkomponenten sowie die Richtungen zur Interpretation der partiellen Ableitungen.

### **Theoretischer Hintergrund und Wirksamkeitshypothesen**

Zur Beschreibung des Lernens mit multiplen Repräsentationen wird hier die CATML verwendet, die Selektions-, Organisations-, und Integrationsprozesse unterscheidet [6]. Durch Eye Tracking können diese Prozesse durch verschiedene Maße (Selektion: Fixationen auf Elementen, Organisation: Fixationsdauer auf Elemente; Integration: Transitionen zwischen Elementen) analysiert werden. Visuelle Hilfen können funktionale Zusammenhänge oder konzeptionelle Verbindungen hervorheben und explizit machen, die Aufmerksamkeit auf relevante Bereiche lenken und damit das Lernen fördern [7]. Demnach lauten die Forschungshypothesen:

H1: Visuelle (konzeptionelle) Hilfen während der Instruktion (Version b) führen zu einem größeren Lernerfolg (Performanz, Antwortsicherheit) als keine Hilfen (Version a).

H2: Visuelle (konzeptionelle) Hilfen erhöhen die Anzahl Transitionen zwischen Strategie und Abbildung sowie die Anzahl Fixationen auf dem Diagramm.

### **Experimentelles Design und Stichprobe**

Die Stichprobe besteht aus 32 Studierenden am Ende des zweiten Fachsemesters Physik, die vollständig randomisiert den zwei Versuchsbedingungen zugeteilt wurde (vgl. Tab. 1). Vor der Instruktion wurde ein Prä-Test durchgeführt, der das Verständnis von vektoriellen Größen und die Vektorkomponentenzerlegung sowie das konzeptionelle Verständnis der Divergenz abprüft. Anschließend lasen die Studierenden die Instruktion an einem Computer, während ein Eye Tracker (tobii X3-120) die Blickbewegungen aufzeichnete. Nach der Instruktion wendeten die Studierenden das gelernte Konzept auf 8 Vektorfelder an, um diese nach Divergenz zu beurteilen. Auch hierbei wurde das Blickverhalten analysiert.

### **Ergebnisse**

Abbildung 1 zeigt die visuelle Aufmerksamkeit der Untersuchungsgruppen auf den instruktiven Abbildungen sowie die Häufigkeitsverteilung der Sakkadenwinkel. Wie zu sehen ist, erzeugt die Abbildung mit visuellen Hilfen mehr Aufmerksamkeit und lenkt die Augenbewegung auf die dargestellte Vektorkomponentenzerlegung, wobei vor allem vertikale und horizontale Augenbewegungen vollzogen werden. Ohne Hilfen treten häufig oblique Sakkaden auf und die relevanten Blickrichtungen sind weniger stark ausgeprägt.

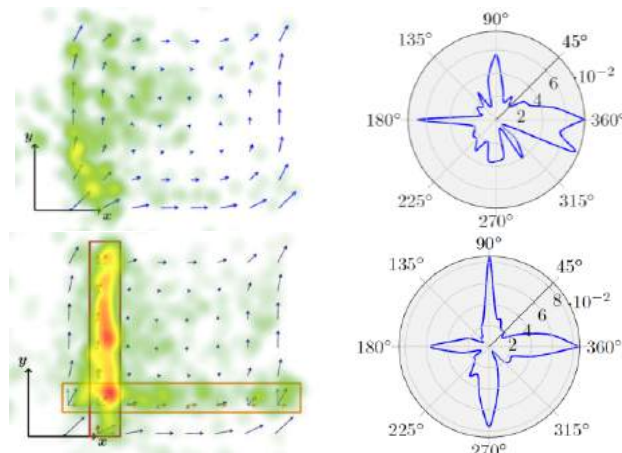


Abb. 2: Visuelle Aufmerksamkeit auf der Abbildung der Instruktion (oben) und Verteilung der Sakkadenrichtungen im Polardiagramm (unten)

Die durchschnittliche Anzahl Fixationen, die durchschnittlichen Transitionen (Blicke von Definition oder Strategie auf das Diagramm) und die Testleistungen sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Mittelwertsunterschiede zwischen den Gruppen sind mit Ausnahme der Vorleistung allesamt signifikant, wobei die Effektstärken (Cohens  $d$ ) zwischen 0.37 (Korrektheit) und 1.28 (Sicherheit) liegen.

Tab. 1: Deskriptive Statistiken (Mittelwerte und Standardfehler)

|                        | (a) keine Hilfen | (b) mit Hilfen 1 |
|------------------------|------------------|------------------|
| Stichprobengröße       | 16               | 16               |
| Pretest (max. 100%)    | 93±0.03          | 96±0.03          |
| Korrektheit (max. 8)   | 5.69±0.31        | 6.56±0.43        |
| Sicherheit (max. 100%) | 51.4±3.6         | 74.0±4.4         |
| Anzahl Transitionen    | 4.9±0.8          | 8.8±1.2          |
| Anzahl Fixationen      | 23.1±4.1         | 73.3±21.7        |

### Diskussion

Trotz hohem Vorwissen über Vektorkomponentenzerlegung sind visuelle Hilfen bei der Instruktion entscheidend für den Lernerfolg. Wie die Eye Tracking Daten zeigen, ist der größere Lernerfolg auf eine bessere Koordination zwischen Formel, Strategie und Vektorfeld-Diagramm zurückführbar. Das Diagramm wird mit visuellen Hilfen häufiger und länger betrachtet als ohne und die visuelle Hilfen führen die Augenbewegung in eine konzeptionell relevante Richtung zur Interpretation der partiellen Ableitung. Wir folgern, dass visuelle Hilfen, die konzeptionelle Merkmale hervorheben oder verdeutlichen, lernförderlich sind (H1). Sie fördern Integrationsprozesse und helfen, die Aufmerksamkeit auf Relevantes zu lenken (H2). Das Beispiel ist sehr zugänglich für die Eye Tracking Methode, die Einsichten in kognitive Prozesse der Informationsaufnahme und -verarbeitung liefert.

### Literatur

- [1] Rau, M. A. (2016), *Educational Psychology Review*, 1–45.
- [2] Ainsworth, S., Bibby, P., & Wood, D. (2002), *Journal of the Learning Sciences*, **11**(1), 25-61.
- [3] Pepper, R.E., Chasteen, S.V., Pollock, S.J. & Perkins, K.K. (2012), *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* **8**, 010111.
- [4] Singh, C. & Maries, A. (2013), *AIP Conf. Proc.* 1513, 382.
- [5] Klein, P., Viiri, J., Mozaffari, S., Dengel, A. & Kuhn, J. (2018), *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* **14**, 010116.
- [6] Mayer, R. (2009), *Multimedia Learning*.
- [7] Saß, S., Schütte, K. & Lindner, M. A. (2017), *Comp. Educ.* **109**, 85.



## Erhebung der Problemlösefähigkeit im Physikstudium – Vorstellung eines Erhebungsverfahrens –

### Ausgangslage und Projektziel

Typische Studiengänge der Physik sehen in der Studieneingangsphase fachliche Lehrveranstaltungen in Form einer Vorlesungs-Übungs-Kombination vor (Haak, 2016). Während in der Vorlesung die Fachinhalte vorgestellt werden, sollen die Studierenden im Übungsbetrieb eigenständig Übungsaufgaben lösen und so einerseits das Fachwissen aus der Vorlesung andererseits aber auch Problemlösetechniken einüben und vertiefen. Somit kann die Bearbeitung von Übungszetteln als zentrale fachliche Lerngelegenheit in dieser Phase angesehen werden.

Eine Befragung von Studierenden ergab hier allerdings, dass viele Studierende grundlegende Probleme bei der Bearbeitung der Übungsaufgaben haben. Sie finden keinen Ansatz, sind mit der Problemlösung insgesamt überfordert und schreiben die Lösungen zunehmend ab (Woitkowski & Reinhold, 2018). Der angezielte Lernerfolg bleibt somit aus. Dies korrespondiert mit dem Befund, dass ca. ein Drittel der Studierenden auch mittelfristig kein Fachwissen auf angemessenem Niveau erwerben (Woitkowski & Riese, 2017).

Ein Ziel im DFG-Projekt KEMΦ (Kompetenzentwicklung Physik in der Studieneingangsphase) ist daher, Problemlösefähigkeiten der Art, wie Sie bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben genutzt werden, differenziert erheben und analysierbar zu machen.

### Theorie der Problemlösung

Die klassische Problemdefinition geht auf Dörner (1976) zurück. Sie umfasst einen unerwünschten Ausgangszustand, einen erwünschten Endzustand und eine Barriere (daher häufig auch „Gap-Definition“) dazwischen, die zur Problemlösung überwunden werden muss. Die Gemeinsamkeit aller daraus erwachsenen Problemdefinitionen kann in der Suche nach dem Weg zur Lösung als zentralem Element gesehen werden (Funke, 2003).

Dem vorliegenden Projekt liegt die Problemdefinition von Smith (1991) zugrunde: „Ein Problem ist jede Aufgabe, die das Analysieren und Schlussfolgern auf ein Ziel (oder eine ‚Lösung‘) hin benötigt. Dieses Analysieren und Schlussfolgern muss auf einem Verständnis der Domäne, aus der die Aufgabe stammt, beruhen. Ein Problem kann nicht durch Erinnern oder Reproduzieren gelöst werden [...]. Ob es sich bei einer Aufgabe um ein Problem handelt oder nicht, ist nicht davon abhängig, wie schwierig oder verwirrend es für den vorgesehenen Löser ist.“ (Übersetzung von Brandenburger, 2016, 44). Damit verortet sich das Projekt eher in der amerikanischen Problemlöse- oder Expertiseforschungstradition (Sternberg, 1995) und vermeidet eine verbreitete kategorische Unterscheidung der Termini *Problem* und *Aufgabe*, die hier nicht zielführend scheint.

Die Lösungsprozesse solcher wissenszentrier-

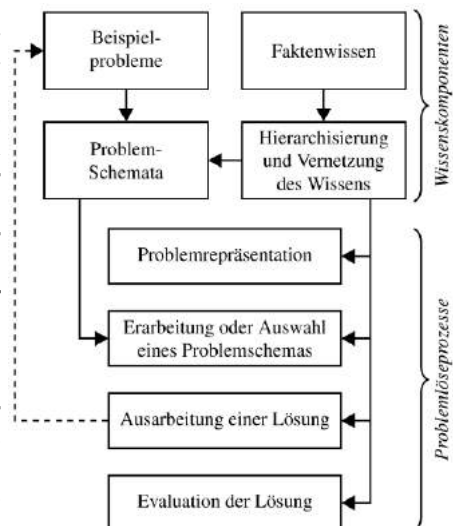


Abb. 1: Modell des wissenszentrierten Problemlösens (Friege, 2001).

ter Probleme beschreibt das Modell von Friege (2001, Abb. 1). Deskriptiv werden vier Lösungsschritte angegeben: Die *Problemrepräsentation*, bei der ein mentales Modell der Problemsituation erzeugt wird; dann das Finden eines Ansatzes unter *Nutzung eines Problemschemas*; die *Ausarbeitung der Lösung* und schließlich deren *Evaluation*. Bei diesen Schritten werden zwei Gruppen von Wissenskomponenten genutzt: Das hierarchisierte und vernetzte Fachwissen ist nötig für alle vier Schritte, da ohne dieses weder das Problem verstanden, noch ein nutzbarer Ansatz formuliert oder verfolgt werden kann und auch keine Informationen über die Plausibilität der Lösung zur Verfügung stehen. Besonders beim Finden des Ansatzes (dies stellt für viele Studierende eine zentrale Schwierigkeit dar) sind Problemschemata für eine effiziente Lösung nützlich; sie stellen gewissermaßen die „Routine des Experten“ dar (Reinhold, Lind & Friege, 1999, 53). Sie stellen (im Sinne eines allgemeinen Schemabegriffs, Kopp, 2014) Klassen von Problemen dar, die nach Tiefenstruktur der Lösung geordnet sind (vgl. hierzu die Sortieraufgaben von Chi, Feltovich & Glaser, 1981). Sie können auf der Basis einer größeren Menge bekannter Beispielp Probleme und -lösungen durch Abstraktion von Oberflächenmerkmalen und Betonung der funktionalen Zusammenhänge erworben werden (Kolodner, 1983).

### Testinstrument

Das entwickelte Testinstrument orientiert sich von der äußeren Form her an der Situation des Lösen eines Übungszettels. Der Test läuft in zwei Phasen ab:

1. Die Probanden lösen den Übungszettel und denken dabei laut.
2. Die Probanden werden über den Lösungsprozess interviewt.

Es wurden für drei Testzeitpunkte im ersten Studienjahr jeweils ein Aufgabenzettel entwickelt. Die eingesetzten Inhalte und Problemschemata und die (für jeden Zettel identische) Aufgabenreihung zeigt Tab. 1. Die Aufgaben entstammen jeweils, ggf. mit leichten Abwandlungen, realen Übungszetteln aus der Experimentalphysik. Das laute Denken findet unter Anleitung einer geschulten Hilfskraft statt, es beginnt mit einer Einführung in die Methode und einer Einführungsaufgabe. Der Ton wird aufgezeichnet. Die Lösungsprotokolle werden einbehalten. Zur Lösung dürfen die Probanden auf dieselben Materialien (Skript, Bücher, Taschenrechner, Internet) zurückgreifen, die sie bei realen Übungszetteln auch benutzen.

Im Interview werden die Probanden zunächst ohne Vorlage der Aufgaben und -Lösung zu den Aufgaben befragt: Wie differenziert können sie die Aufgabenstellungen wiedergeben (zur Analyse der Problemrepräsentation) und welche Gemeinsamkeiten zwischen den Aufgabenstellungen sehen sie (bei Vorliegens eines passenden Problemschemas könnte hier erwartet werden, dass die Probanden die Gemeinsamkeiten des Lösungsprozesses explizieren können und auch, woran sie sehen, dass dieses Vorgehen bei diesen Aufgaben zielführend ist).

Anschließend sollen die Studierenden ihr allgemeines Vorgehen an den Aufgabenzettel darstellen (Bearbeitungsreihenfolge) und die Aufgaben nach Schwierigkeit ordnen einschätzen. Anschließend werden sie unter Zuhilfenahme des Lösungsprotokolls um eine differenzierte Darstellung ihres Lösungsweges, der genutzten Ressourcen, möglicher Irrwege und Schwierigkeiten und einer Einschätzung der Korrektheit der Lösung gebeten.

| Inhalt (Problemschema)     |                                                                  |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------|
| TZP 1                      | Kinematik, Würfe                                                 |
| TZP 2                      | Kräfte, harm. Schwingungen                                       |
| TZP 3                      | Energie-/Impulserhaltung                                         |
| Aufgabenreihung pro Zettel |                                                                  |
| Auf. 1                     | Standardbeispiel, sollte aus Vorlesung oder Schule bekannt sein  |
| Auf. 2                     | Komplexere Aufgabenstellung, einmal mit, einmal ohne Zahlenwerte |
| Auf. 3                     |                                                                  |
| Auf. 4                     | Aufgabe mit abgewandeltem Lösungsansatz/Problemschema            |

Tab. 1: Struktur der Aufgabenzettel

### Erste Ergebnisse der Pilotstudie

Die Pilotstudie wurde mit 8 Probanden durchgeführt, die sich im Rahmen des KEMΦ-Fachwissenstests freiwillig gemeldet hatten. Zwei Probanden stiegen nach dem ersten Testzeitpunkt aus. Die Personen verteilen sich über das erwartbare Notenspektrum mit einer Abiturnote von  $M=1,8$ ,  $SD=0,7$  (Zum Vergleich hatten alle Teilnehmer dieser Kohorte des KEMΦ-Fachwissenstests eine Abiturnote von  $M=2,0$ ,  $SD=0,8$ ).

Zu Auswertung wurden die vorliegenden Daten in folgender Reihenfolge berücksichtigt: Interview (enthält interessante Informationen sehr explizit), Lösungsprotokoll (macht konkretes Vorgehen sichtbar), Lautes Denken (ohne die anderen Daten schwierig zu interpretieren). Die Daten wurden nach zwei Gesichtspunkten hin betrachtet: Zunächst wurde analysiert, wie erfolgreich die Probanden die Aufgaben lösen konnten. Hier ergaben sich aus dem Modell von Friege 5 Stufen (Tab. 2). Hier bildet der Test einige Varianz ab: Probanden, die in allen Aufgaben in Kategorie A oder B fallen, bis hin zu solchen, die überall in D oder E fallen. Die Beurteilung einzelner Aufgaben erzeugt allerdings auch einiges Rauschen, welches weiter im Detail analysiert werden müsste.

Zur Analyse der Problemschemata wurden zunächst aus der Literatur (Friege, 2001; Simon & Simon, 1978; Reinhold, Lind & Friege, 1999) Indikatoren für das Vorliegen von Schemata erzeugt und dann wieder 5 Kategorien gebildet (Tab. 2). Interessant ist hier, dass mehrere Probanden (Kat. D) zwar die Rechenregel des jeweiligen Schemas beherrschen und explizieren, allerdings nicht korrekt erkennen, wann sie angewandt werden kann. Die (im Vergleich zu oben interpretativere) Auswertung zeigt hier dieselben Gruppen, macht aber zusätzlich bei einzelnen Probanden einen Fortschritt (z. B. von Kat. B zu Kat. D) zwischen den Testzeitpunkten deutlich.

| Lösungserfolg (je Aufgabe)          |                                         |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|
| A                                   | Scheitert an FW oder Repräsentation     |
| B                                   | Kein/falscher Lösungsansatz             |
| C                                   | Unvollständiger Ansatz                  |
| D                                   | Richtiger Ansatz, Prob. b. Ausarbeitung |
| E                                   | Vollständig richtige Lösung             |
| Nutzung des Problemschemas (gesamt) |                                         |
| A                                   | Kein Schema                             |
| B                                   | Erste Ansätze                           |
| C                                   | Schema wird weitgehend erarbeitet       |
| D                                   | Schema als Rechenregel                  |
| E                                   | Schema liegt voll vor                   |

Tab. 2: Kategorien zur Analyse

### Fazit und Diskussion

Die Analyse des recht großen und vielschichtigen Datensatzes steht noch am Anfang. Es zeigt sich aber bereits jetzt, dass das Testverfahren relevante und differenzierte Daten liefern kann und erfolgreiche von weniger erfolgreichen Problemlösern trennen kann. Besonders im Interview werden die Nutzung von Problemschemata bei ersteren und die Schwierigkeiten bei zweiten transparent. Die Ergebnisse scheinen gerade deswegen relevant, weil die bearbeiteten Aufgabenstellungen realen Übungszetteln entnommen sind und sich so ein realistisches Bild der echten Lehrveranstaltungssituation ergibt.

Im Laufe der Pilotstudie wurde das Testinstrument ergänzt. Mehrere Aufgaben wurden in Bezug auf Verständlichkeit überarbeitet oder ausgetauscht. Auf Anregung von G. Friege (Hannover) wurde das Testinstrument und die Auswertekategorien theoriegeleitet überarbeitet.

Nicht unproblematisch am Testverfahren ist die Einschränkung auf ein Inhaltsfeld/Problemschema pro Testzeitpunkt, was den Blickwinkel eher einengt. Außerdem ist das laute Denken in Relation zum Aufwand nur schwer zu Interpretieren. Die Identifikation der Problemschemata im Material ist eher interpretativ.

Im weiteren Verlauf der Studie werden mit dem pilotierten Instrument weitere Daten erhoben. Hier ist dann vor allem der Zusammenhang mit dem Fachwissenserwerb interessant.

### Literatur

- Brandenburger, M. (2016). *Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden*. Berlin: Logos.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Dörner, D. (1976). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Funke, J. (2003). *Problemlösendes Denken*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Friege, G. (2001). *Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*. Berlin: Logos.
- Haak, I. (2016). Was macht eine gute Übung aus?: Ein Vergleich von Vorstellungen zum physikalischen Übungsbetrieb. *die Hochschullehre*, 2, 1-25.
- Kolodner, J. L. (1983). Toward an understanding of the role of experience in the evolution from novice to expert. *International Journal of Man-Machine Studies*, 19, 497-518.
- Kopp, B. & Caspar, F. (2014). Schema. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch: Lexikon der Psychologie*. 18. Aufl. (S. 1356). Bern: Hans Huber.
- Reinhold, P., Lind, G. & Friege, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5(1), 41-62.
- Simon, D. P. & Simon, H. A. (1978). Individual differences in solving physics problems. In R. Siegler (Hrsg.), *Children's thinking. What develops?* (S. 325-348). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Smith, M. U. (1991). A View from Biology. In M. U. Smith (Hrsg.), *Toward a unified Theory of Problem Solving. Views from the Content Domains*. (S. 1-19). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Sternberg, R. J. (1995). Expertise in Complex Problem Solving: A Comparison of Alternative Conceptions. In P. A. Frensch & J. Funke (Hrsg.), *Complex Problem Solving. The European Perspective* (298-322). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Woitkowski, D. & Reinhold, P. (2018). Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben: Pilotergebnisse einer Interviewstudie im ersten Semester Physik. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen* (S. 726-729). Regensburg: Universität Regensburg.
- Woitkowski, D. & Riese, J. (2017). Kriterienorientierte Konstruktion eines Kompetenzniveaumodells im physikalischen Fachwissen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 1-14.

## Explorierendes Forschen mit Studierenden des Grundschullehramts

Welchen Beitrag der Sachunterricht zur Naturwissenschaftlichen Grundbildung von Kindern leisten kann, hängt u. a. davon ab, wie vertraut Lehrenden der naturwissenschaftliche Blick auf Themen der natürlich-technischen Alltagsumgebung ist und ob ihnen didaktische Instrumente zur Verfügung stehen, altersgemäße Anknüpfungen an solche Themen im Sachunterricht zu entwickeln. Beide Voraussetzungen bedürfen in der Ausbildung einer besonders sorgfältigen Berücksichtigung, wenn es um das Fach Physik geht. Im Rahmen einer fachdidaktischen Vertiefungsveranstaltung für Studierende des Grundschullehramts an der Universität Wuppertal haben wir in den vergangenen sechs Jahren ein didaktisches Format entwickelt, dessen Ziel darin besteht, Selbstvertrauen in der Begegnung mit physikalischen Phänomenen entstehen zu lassen. Dazu wird Studierenden die Möglichkeit gegeben, anhand selbständig erarbeiteter Forschungsminiaturen positive Erfahrungen in der methodisch strukturierten Erschließung physikalischer Phänomene der Natur und des Alltags zu sammeln. Im Beitrag wird das Format der Veranstaltung vorgestellt und anhand ausgewählter Beispiele von den Erfahrungen damit berichtet.

### Problemstellung und Herausforderung

Sachunterrichtsstudierende erleben meist eine große Distanz zu den Naturwissenschaften, insbesondere zur Physik. Sie blicken zum Teil auf frustrierende Erfahrungen in der eigenen naturwissenschaftlichen Schulbildung zurück, halten sich in Fragen naturwissenschaftlichen Fachwissens oder Erkenntnismethoden für wenig kompetent und meiden naturwissenschaftliche Fachliteratur (Landwehr, 2002). Dies geht ferner mit einem Mangel an praktischen Erfahrungen und dem Vermeiden von Erfahrungsgelegenheiten einher. Gleichzeitig wird von den Studierenden perspektivisch erwartet, dass sie ihre eigenen Schülerinnen und Schüler auf authentische Weise fachlich und methodisch kompetent an Natur- und Alltagsphänomene heranführen und beispielsweise in forschendem Lernen schulen (vgl. die Anforderungen im Bereich perspektivbezogener Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen des Perspektivrahmens Sachunterricht, GDSU, 2013). Damit ist ein Problem gekennzeichnet, dem im Zusammenhang der sachunterrichtsbezogenen Ausbildung mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt i. a. bisher kaum gezielt Rechnung getragen wird. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass die naturwissenschaftlichen Fachveranstaltungen des Studiums bestehende Vorbehalte gegenüber den Naturwissenschaften bestätigen.

Da die Studierenden später selbst für Erstkontakte von Kindern mit Natur- und Alltagsphänomenen verantwortlich sein werden, ist zu erwarten, dass sich die eigenen Vorbehalte auf die Kinder übertragen. Dabei mangelt es ihnen kaum an Wertschätzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. In aller Regel verfügen sie auch über Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden (Variablenkontrolle im Experiment, Hypothesenbildung), halten das methodische Erlangen naturwissenschaftlicher Einsichten jedoch nicht für etwas, das sie auch selbst tun könnten: Naturwissenschaftler, das sind die Anderen. Was ihnen zu fehlen scheint, ist ein methodisches Rüstzeug, das es ihnen gestattet, innerhalb der eigenen lebensweltlichen Erfahrung Anknüpfungspunkte für eine unbefangene und angstfreie Erschließung naturwissenschaftlicher Themen zu finden und solche Erschließungen selbstbewusst und strukturiert durchzuführen. Ziel des Seminars „Natur- und Alltagsphänomene verstehen und vermitteln“, das die Studierenden zwischen dem 3. und 6. Semester absolvieren können, ist es, sie mit Elementen eines solchen Rüstzeugs auszustatten. Wir nehmen

persönliche Begegnungen der Studierenden mit physikalischen Phänomenen in Natur und Alltag als Ausgangspunkt und üben mit ihnen Routinen zur methodisch strukturierten Erschließung und Aneignung „ihrer Phänomene“. Dazu dient das Format der „Mimetischen Miniatur“.

### **Explorierendes Forschen: Die „Mimetische Miniatur“**

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden typischerweise abgelöst von dem Erkenntnisprozess dargestellt und publiziert, aus dem sie hervorgegangen sind. Auch das Lernen von und über Naturwissenschaften ist in diesem Sinne ergebnisorientiert. Dies täuscht indessen darüber hinweg, dass Forschungsprozesse stets in biografischen Kontexten angesiedelt sind und ihren Ausgang bei den Interessen und Fragen der Forschenden nehmen. So soll es auch den Studierenden ergehen: Sie werden zum Seminarbeginn anhand von Beispielen für ein Aufmerksamwerden auf einfache, zunächst vielleicht ganz unscheinbare Phänomene in ihrem Alltag sensibilisiert und ermutigt, solche Beobachtungen und kleine Entdeckungen selbst zu wagen. Mit was kommen sie dann? Mit dem Klang eines Weinglases, den Schlieren über einer Kerzenflamme, den wellenförmigen Rippeln am Strand, einem Regentropfen an einer Fensterscheibe, den Farben des Himmels, einem abwechselnd aufsteigenden und absinkenden Zitronenkern in einem Glas Mineralwasser, dem altbekannten Problem mit dem Duschvorhang oder dem Teebeutel, der sich zu drehen beginnt, wenn er an seinem Faden aus dem Tee gezogen wird. Solche und ähnliche Beobachtungen werden zum Anlass für eigene Fragen, es sind erste Begegnungen (Phase 1), denen ein Kennenlernen, ein schrittweises Vertrautwerden folgt. Die Studierenden begeben sich in Zweierteams auf Erkundungswege, auf denen es nicht um schnelle Antworten oder ausgedachte Hypothesen, sondern um gut gestellte Fragen geht. Gute Fragen sind solche, die aus der Sache selbst heraus entwickelt sind und Wege der praktischen Untersuchung eröffnen (Phase 2). Phänomene können zum Sprechen gebracht werden, aber man muss ihnen auch zuhören: Welche Bedingungen sind maßgeblich, worauf kommt es an? Die Aneignung eines Phänomens gelingt, indem man die Bedingungen, unter denen es entsteht, selbst herzustellen vermag – mit einfachsten Mitteln und zunächst spielerisch, in einem weiteren Schritt dann vielleicht mit Labormaterial im Setting systematischer Parametervariation. Wenn das gelingt, kommen Studierende von selbst ins Explorieren, worin hier ihre Hauptaufgabe besteht. Die Aneignung geht schließlich über in ein Verstehen (Phase 3), wenn die Studierenden auf der Grundlage ihrer eigenen Erfahrungen zu einer Einsicht darüber gelangt sind, worauf es bei „ihrem Phänomen“ ankommt und sie den erkannten Bedingungs Zusammenhang als Regel in der Form von Konditionalsätzen formulieren können. Damit ist die eigene Untersuchung abgeschlossen. Sie besteht aus drei ineinander übergehenden Phasen: 1. *Begegnung*, 2. *Aneignung*, 3. *Verstehen*. Weil es sich im Unterschied zur theoretischen Erklärung um die *nachahmende* Erschließung und Aneignung eines Phänomens handelt, bezeichnen wir das Untersuchungsformat in Anlehnung an Aristoteles' Aufwertung des platonischen Begriffs der Mimesis als *Mimetische Forschungsminiatur* (Aristoteles, 1982; Platon, 1962).

Die Frage, wie sich das untersuchte Phänomen im Bild der etablierten physikalischen Erklärung darstellt, bietet in einer vierten Phase Gelegenheit, die Studierenden an physikalische Literatur heranzuführen, die sie bis dahin gemieden haben. Sie recherchieren eine lehrbuchübliche Darstellung ihres Phänomens und unterwerfen beide: die eigene und die aus der physikalischen Literatur übernommene Erklärung in einer fünften Phase einem kritischen Vergleich. Typische Aspekte dieses Vergleichs sind Sprache (Alltagssprache vs. Fachsprache), Nachvollziehbarkeit (Phänomen vs. Modell) sowie Verknüpfbarkeit mit eigener Erfahrungsgrundlage. Die im engeren Sinne aus drei Phasen bestehende Mimetische Miniatur wird also um zwei weitere Phasen ergänzt, sodass insgesamt die folgenden fünf Phasen durchlaufen werden:

- *Begegnung*: Persönlicher Bericht über die Begegnung mit dem Phänomen („ich habe beobachtet/mich schon immer gefragt, mir ist aufgefallen, ich habe erlebt...“), Beschreibung, Kontextualisierung, Entwicklung von *Fragen* an das Phänomen
- *Aneignung*: Selbständige praktische Erkundung und Reproduktion des Phänomens unter selbst hergestellten Bedingungen mit einfachen Mitteln
- *Verstehen*: Formulierung von Regeln für die gefundenen Bedingungsbeziehungen in der Form von Konditionalsätzen: je... desto..., wenn..., dann...
- *Was sagt die Physik dazu?* Wiedergabe einer gängigen Lehrbucherklärung zum Phänomen (Sachanalyse)
- *Didaktischer Kommentar*: Kritische Reflexion auf den Kontrast zwischen den Phasen 3 und 4 unter Berücksichtigung fachdidaktischer Kriterien

Die genannten fünf Phasen werden in Zweierteams über einen Zeitraum von etwa vier Wochen selbständig erarbeitet. Zu Beginn findet mit jedem Team ein einstündiges Beratungsgespräch statt, in dem das von den Studierenden mitgebrachte Thema auf seine Eignung geprüft und ein Arbeitsplan skizziert wird. Für die Erarbeitung stehen den Studierenden die Labors und Arbeitsräume der AG zur Verfügung, ferner erhalten sie bedarfsabhängig Unterstützung durch die betreuenden Dozenten und eine Technikerin.

### **Methodischer Hintergrund**

Das Konzept der Mimetischen Miniatur lässt sich neben dem Bezug auf authentische (historische) Forschungswege auf Erfahrungen aus der phänomenologischen Naturwissenschaftsdidaktik beziehen. Dort wird mit Lernwegen geforscht, in denen sich ein explorierendes Vorgehen bewährt hat, das im Unterschied zum reduktionistisch-theoriegeleiteten Vorgehen einen stärkeren Einbezug des Lernenden/Forschenden über eine explizit wahrnehmungs- und handlungsbezogene Beteiligung am Erkenntnisprozess gestattet (Østergaard, Dahlin & Hugo, 2008; Theilmann, et al., 2013). Man denke hierbei auch an die genetischen Erkundungsgänge Wagenscheins (Wagenschein & Berg, 2009). Dabei werden im Umgang mit Phänomenen Praktiken angeeignet, die durch systematische Variation der infrage kommenden Bedingungen auch zu letztlich geometrisch und mathematisch formulierbaren Gesetzmäßigkeiten führen (Grebe-Ellis, 2005; Müller, 2017). Dieses Vorgehen spiegelt nicht nur die wissenschaftliche Praxis des explorativen Experimentierens (Steinle, 2005), sondern auch das intuitive, schrittweise Erkunden interessierender, aber noch unverstandener Natur- und Alltagsphänomene von Kindern im Grundschulalter (Murmman, 2008).

### **Zusammenfassung und Ausblick**

In den letzten sechs Jahren wurde an der Bergischen Universität Wuppertal im Rahmen des sachunterrichtsbezogenen Grundschullehramtsstudiengangs „Grundlagen der Naturwissenschaften und der Technik“ eine fachdidaktische Seminarform entwickelt, die den Berührungspunkten Studierender gegenüber der Physik und dem Mangel an praktischer Erfahrung in der unbefangenen Erschließung von Phänomenen in Natur und Alltag Rechnung tragen sollte. Das Seminar „Natur- und Alltagsphänomene verstehen und vermitteln“ wurde bisher von etwa 500 Studierenden besucht und regelmäßig evaluiert. Es entstanden rund 250 ausgearbeitete Mimetische Miniaturen, die semesterbezogen zu Readern zusammengefasst wurden. Die Studierenden schätzen die Möglichkeit, an einem eigenen Thema arbeiten zu können und sich als selbstwirksam in der Physik zu erleben. Eine Untersuchung, die Veränderungen in der Wahrnehmung der Selbstwirksamkeit und des Selbstkonzepts der Studierenden in Bezug zur Physik erfasst, steht aus. Der konzeptionell begründete Verzicht auf eine standardisierte Veranstaltungsstruktur bringt eine hohe Betreuungsintensität mit sich; die Begleitung der individuellen Projekte erfordert viel Erfahrung. Bisher überwiegt indes der Eindruck, dass sich der Aufwand lohnt.

### Literatur

- Aristoteles (1982). *Die Poetik*. Altgriechisch – Deutsch, übers./hrsg. von M. Fuhrmann. Stuttgart: Reclam
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Grebe-Ellis, J. (2005). *Grundzüge einer Phänomenologie der Polarisierung*. Berlin: Logos-Verlag
- Landwehr, B. (2002). *Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen*. Berlin: Logos-Verlag
- Müller, M. (2017). *Grammatik der Natur. Von Wittgenstein Naturphänomene verstehen lernen*. Berlin: Logos-Verlag
- Murmann, L. (2008). Exploring natural phenomena. Paper presented at EARLI, Special Interest Group Phenomenography and variation theory, SIG 9 Workshop, Kristianstad, Sweden. [http://www.distans.hkr.se/sig9/download/download-filer/Full paper\\_ L Murmann.pdf](http://www.distans.hkr.se/sig9/download/download-filer/Full%20paper_L%20Murmann.pdf) (Abruf 10.10.2018)
- Østergaard, E., Dahlin, B. & Hugo, A. (2008). Doing phenomenology in science education: a research review. *Studies in Science Education*, 44(2), 93–121
- Platon (1962). *Politeia* (übers. F. Schleiermacher). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt
- Steinle, F. (2005). *Explorative Experimente. Ampère, Faraday und die Ursprünge der Elektrodynamik*. Stuttgart: Steiner
- Theilmann, F., Buck, P., Murmann, L., Østergaard, E., Hugo, A., Aeschlimann, U. & Rittersbacher, C. (2013). Phänomenologische Naturwissenschaftsdidaktik. Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Positionierung und erziehungswissenschaftliche Folgerungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 19, 397–416
- Wagonschein, M. & Berg, C. (Hrsg.) (2009). *Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge. Das Wagonschein-Studienbuch*. Bern: hep



### **Veränderung von Vor- und Einstellungen zu Forschendem Lernen im Rahmen eines Fortbildungsprogramms**

Bei der Analyse von Publikationen zur Rolle von ‚Forschendem Lernen‘ (Inquiry-based Learning, IBL) im naturwissenschaftlichen Unterricht zeigt sich, dass eine große Diskrepanz zwischen den gesetzlichen Forderungen und der tatsächlichen Situation an Schulen besteht. Einerseits wird IBL als wesentlicher Bestandteil des Unterrichts angesehen (Barron & Darling-Hammond, 2010; Roberts & Bybee, 2014) und ist seit Jahren in Lehrplänen, Kompetenzmodellen und Bildungsstandards verankert (Hofer, Abels & Lembens, 2018; NGSS, 2013; NRC, 2000; Rundgren, 2018). Andererseits belegen Studien, dass SchülerInnen nur selten mit IBL in der in den offiziellen Dokumenten intendierten Form konfrontiert werden (Crawford, 2014; Engeln, Euler & Maass, 2013) und unzureichende Kompetenzen in diesem Bereich aufweisen (Suchan & Breit, 2016). Als Grund dafür werden u. a. eine unzureichende Ausbildung und damit einhergehende unangemessene Vorstellungen von Lehrpersonen angesehen (Capps, Shemwell & Young, 2016; Hofer, Abels & Lembens, 2018).

Um dem entgegenzuwirken und die Umsetzung von IBL an Schulen zu fördern, wurde ein Fortbildungsprogramm entwickelt, im Rahmen dessen Lehrpersonen bei der Planung, Durchführung und Reflexion von IBL in ihren eigenen Klassen begleitet und unterstützt wurden. Dabei wurden das Wissen, die Vor- und Einstellungen der teilnehmenden Lehrpersonen in Bezug auf IBL sowohl zu Beginn als auch nach Abschluss des Programms erhoben. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse aus den beiden Erhebungszeitpunkten gegenübergestellt und hinsichtlich der Veränderungen in Richtung eines theoretisch fundierten Konzepts von IBL analysiert.

#### **Design und Methoden**

Das Fortbildungsprogramm wurde in Kooperation mit drei Lehrpersonen an Gymnasien in Wien durchgeführt. Jede Lehrperson nahm mit einer Klasse der Sekundarstufe II im Umfang von jeweils drei Unterrichtseinheiten (je 100 Minuten) teil. In Anlehnung an die Methode der ‚Lesson Study‘ (Stepanek et al., 2007) wurden die IBL-Einheiten gemeinsam geplant und vorbereitet. Nach der individuellen Umsetzung durch die Lehrpersonen in der jeweils eigenen Klasse wurden die Erfahrungen ausgetauscht und positive sowie herausfordernde Aspekte diskutiert. Die Erkenntnisse aus diesem Austausch flossen schließlich in die Planung und Vorbereitung der nachfolgenden Einheit ein. Dieser Zyklus wurde von einer permanenten Datenerhebung in Form von schriftlichen, Audio- bzw. Videodaten begleitet.

Um die Veränderungen des Wissens, der Vor- und Einstellungen zu untersuchen, wurden vorrangig die Daten aus der Gruppendiskussion am Beginn (prä) sowie der Einzelinterviews am Ende (post) des Fortbildungsprogramms herangezogen (siehe Abb. 1). Sowohl die Gruppendiskussion als auch die Einzelinterviews wurden leitfadengesteuert durchgeführt und umfassten eine Dauer von jeweils ungefähr 50 Minuten. Die Daten aus beiden Erhebungszeitpunkten wurden audioaufgezeichnet, vollständig transkribiert und mit der Methode der Qualitativen Inhaltsangabe (Kuckartz, 2014; Mayring, 2010) ausgewertet. Basierend auf den Daten der Gruppendiskussion wurde ein Kategoriensystem (induktives Vorgehen) entwickelt, das auf die Daten der prä- und post-Erhebung angewendet wurde. Um die Daten der post-Erhebung umfassend analysieren zu können, wurde das vorliegende Kategoriensystem nach deduktiver Anwendung induktiv ergänzt.

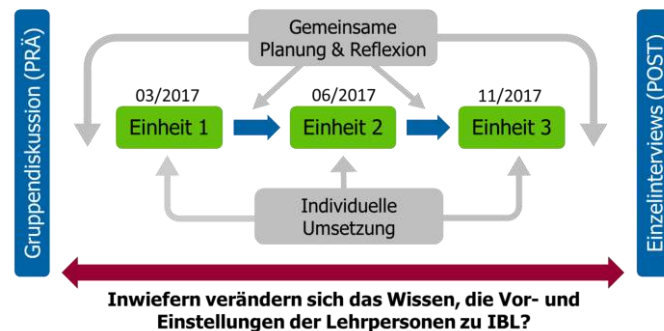


Abb. 1. Design des Fortbildungsprogramms

### Einblick in erste Ergebnisse

Als Ergebnis der Datenanalyse aus der prä-Erhebung entstand ein Kategoriensystem mit den vier Hauptkategorien ‚Lernumgebung‘, ‚Ziele‘, ‚Lernbegleitung‘ und ‚Hinderungsgründe‘. Um der Frage nach den Veränderungen des Wissens, der Vor- und Einstellungen zu IBL nachzugehen, werden hier auf Basis der Hauptkategorien drei querliegende Aspekte herausgearbeitet: (1) Hinderungsgründe versus Herausforderungen, (2) das Konzept von IBL als Zusammenfassung aller Kategorien und (3) die Einstellung der Lehrpersonen, die aus Aussagen in den verschiedenen Kategorien ableitbar ist.

*Hinderungsgründe versus Herausforderungen.* Bei der Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich ungünstiger Faktoren bei der Implementierung von IBL zeigt sich, dass die Lehrpersonen diese in der post-Erhebung eher als Herausforderungen und nicht länger als Hinderungsgründe, wie in der prä-Erhebung, wahrnehmen. Beispielsweise wird davon gesprochen, dass die Planung und Umsetzung von IBL eine deutlich höhere Komplexität mit sich bringen als bei anderen Formen des Unterrichts, dieser Herausforderung jedoch mit entsprechender Vorbereitung und Erfahrung begegnet werden kann. Auch die Anzahl der Aspekte, die als ungünstig angesehen wurden, sank. Die Einstellung der SchülerInnen, finanzielle und räumliche Ressourcen sowie die Wirksamkeit von IBL wurden in der post-Erhebung nicht länger als Hinderungsgründe genannt. Neu eingebracht wurde hingegen, dass ein Mangel an Erfahrung mit IBL nicht nur für die SchülerInnen, sondern vor allem auch für die Lehrpersonen eine große Herausforderung darstellt. In diesem Zusammenhang gaben die Lehrpersonen an, dass es weder in ihrer Schulzeit noch in ihrem Studium (ausreichend viele) Möglichkeiten gegeben habe, Erfahrungen mit IBL und dem Prozess der Erkenntnisgewinnung zu machen. Insgesamt zeichnet sich in den Daten ab, dass die Lehrpersonen nach der Teilnahme am Fortbildungsprogramm ein deutlich differenzierteres Bild hinsichtlich der Herausforderungen im Zusammenhang mit IBL haben als davor.

*Konzept von IBL.* Zu Beginn des Fortbildungsprogramms sahen die Lehrpersonen IBL als spezielle Unterrichtsmethode an, „um Ziele zu erreichen, die über jene des Regelunterrichts hinausgehen“ (Hofer, Abels & Lembens, 2018, S. 6). Als charakteristisch für diese Methode erachteten sie ein anregendes Setting, offene(re) Aufgabenstellungen und dass die SchülerInnen Fragestellung in Gruppen „erforschen“, indem sie u. a. praktische Arbeiten durchführen (ebd.). Im Vergleich zur prä-Erhebung lassen die Daten aus der post-Erhebung auf ein deutlich strukturierteres Konzept von IBL schließen. Es wird nun klar formuliert, dass IBL von einer Fragestellung ausgeht, die durch verschiedene Aktivitäten der SchülerInnen – je nach Level von IBL (Blanchard et al., 2010) – untersucht wird. Die im Rahmen dieser Aktivitäten gewonnenen Erkenntnisse dienen schließlich dazu, die eingangs gestellte Frage zu

beantworten. Außerdem betonten die Lehrpersonen, wie entscheidend es sei, eine Lernumgebung auf die Ziele, Inhalte, Ressourcen und organisatorischen Bedingungen sowie auf das Wissen und die Kompetenzen der SchülerInnen abzustimmen (siehe Abb. 2). Alles in allem stellen die Lehrpersonen IBL in der post-Erhebung als komplexen Unterrichtszugang dar, der eine Vielzahl miteinander verknüpfter Aspekte enthält.

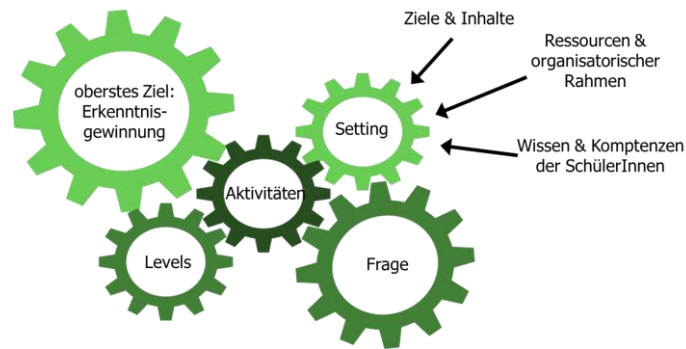


Abb. 2. Konzept der Lehrpersonen von IBL nach dem Fortbildungsprogramm

**Einstellung zu IBL.** In der Gruppendiskussion zu Beginn des Fortbildungsprogramms gaben die Lehrpersonen an, dass IBL zwar wünschenswert, aber im regulären Unterricht nicht durchführbar sei. Sowohl die Vorbereitung als auch die Durchführung von IBL wurden als äußerst aufwendig und mit den gegebenen Rahmenbedingungen nicht vereinbar beschrieben. Dafür, dass IBL eine zusätzliche Aktivität außerhalb des Lehrplans sei, sei die Wirksamkeit der Methode dann allerdings zu gering, wie folgendes Zitat beschreibt: „Es [IBL] bringt äußerst wenig. Also von Begeisterung wenig, von was sie behalten wenig, einfach gesamt wenig“ (Hofer, Abels & Lembens, 2018, S. 65). Auch in den Abschlussinterviews wurde IBL als durchaus herausfordernd, allerdings erstrebenswerter Unterrichtsansatz beschrieben. Die Lehrpersonen betonten den Mehrwert der Denk- und Arbeitsweisen, die im Rahmen von IBL gefördert werden, und zeigten sich gewillt, IBL auch weiterhin in ihrem Unterricht einzusetzen („Also ich mache die Vorschriften [Versuchsanleitungen] (...) definitiv in den heurigen Klassen wieder.“). Es wurde angemerkt, dass die Implementierung von IBL zwar vergleichsweise viel Zeit beansprucht, dafür aber in verschiedene Richtungen wirksam sei.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Lehrpersonen IBL nach dem Fortbildungsprogramm als komplexen, jedoch erstrebenswerten Unterrichtszugang ansehen. Sie haben eine differenzierte Sichtweise auf die Herausforderungen bei der Implementierung von IBL und geben an, IBL auch zukünftig im Unterricht einsetzen zu wollen. Bei genauerer Betrachtung der Daten zeigt sich allerdings auch, dass die theoretische Fundierung der Lehrpersonen nach wie vor nicht zufriedenstellend ist und zusätzliche Arbeit im Bereich der Kompetenzorientierung (z. B. Wahrnehmung nicht-inhaltlicher Ziele) und Nature of science (z. B. Beweisbarkeit von Hypothesen) notwendig ist.

### Ausblick

Nach diesem ersten Auswertungsschritt folgt nun eine tiefgehende Datenanalyse sowohl auf der Ebene der Einzelfälle als auch auf der Ebene der Gesamtgruppe. Dazu werden die Daten der prä- und post-Erhebung mit den Daten aus den gemeinsamen Planungs- und Reflexionsgesprächen (siehe Abb. 1) trianguliert. In weiterer Folge wird die Datenauswertung dann auf die Handlungskompetenzen der Lehrpersonen bei der Planung, Durchführung und Reflexion von IBL-Einheiten ausgeweitet.

### Literatur

- Blanchard, M. R. et al. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577–616.
- Barron, B. & Darling-Hammond, L. (2010). Prospects and challenges for inquiry-based approaches to learning. In Dumont, H., Istance, D. & Benavides, F. (Hrsg.), *The nature of learning: Using research to inspire practice* (S. 199-225): OECD Publishing.
- Capps, D. K., Shemwell, J. T. & Young, A. M. (2016). Over reported and misunderstood? A study of teachers' reported enactment and knowledge of inquiry-based science teaching. *International Journal of Science Education*, 38(6), 934-959.
- Crawford, B. A. (2014). From Inquiry to Scientific Practices in the Science Classroom. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (Vol. 2, S. 515-541). New York: Routledge.
- Engeln, K., Euler, M. & Maass, K. (2013). Inquiry-based learning in mathematics and science: a comparative baseline study of teachers' beliefs and practices across 12 European countries. *ZDM*, 45(6), 823-836.
- Hofer, E., Abels, S. & Lembens, A. (2018). Inquiry-based learning and secondary chemistry education - a contradiction? *RISTAL*, 1, 51-65.
- Kuckartz, U. (2014). *Qualitative text analysis: A guide to methods, practice and using software*. London: Sage.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (11. Aufl.). Weinheim und Basel: Beltz.
- National Research Council (NRC) (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*: National Academy Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington: National Academies Press.
- Roberts, D. A. & Bybee, R. W. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. In Lederman, N. G. & Abell, S. K. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (Vol. 2, S. 545-558). New York: Routledge.
- Rundgren, C.-J. (2018). Implementation of inquiry-based science education in different countries: some reflections. *Cultural Studies of Science Education*, 13(2), 607-615.
- Stepanek, J., Appel, G., Leong, M., Mangan, MT. & Mitchell, M. (2007). *Leading lesson study: A practical guide for teachers and facilitators*. Thousand Oaks, California: Corwin Press.
- Suchan, B. & Breit, S. (Hrsg.) (2016). *PISA 2015. Grundkompetenzen am Ende der Pflichtschulzeit im internationalen Vergleich*. Graz: Leykam.

Jenna Koenen<sup>1</sup>  
 Benjamin Heinitz<sup>2</sup>  
 Andreas Nehring<sup>2</sup>  
 Verena Petermann<sup>3</sup>  
 Rüdiger Tiemann<sup>4</sup>  
 Annette Upmeyer zu Belzen<sup>4</sup>  
 Andreas Vorholzer<sup>3</sup>  
 Joé Weber<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität München  
<sup>2</sup>Leibniz Universität Hannover  
<sup>3</sup>Justus-Liebig-Universität Gießen  
<sup>4</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

## **Erkenntnisgewinnung im Unterricht – Analyse aus vier Perspektiven**

### **Ausgangslage**

Die Notwendigkeit der Förderung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung ist vielfach diskutiert. Ebenso gibt es viele verschiedene Modelle, die die Struktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung beschreiben. Dennoch ist wenig darüber bekannt, wie diese im tatsächlichen naturwissenschaftlichen Unterricht umgesetzt wird und wie Kompetenzen in diesem Bereich bei den Schülerinnen und Schülern angebahnt werden. Dieser Thematik widmet sich dieses Symposium, in dessen Rahmen Instrumente vorgestellt wurden, die einer multiperspektivischen Analyse von naturwissenschaftlichem Unterricht im Bereich Erkenntnisgewinnung dienen.

### **Theoretischer Hintergrund**

Als Grundlage der Beschreibung der Struktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung dient das Modell von Nehring et al. (2016), das den Bereich Erkenntnisgewinnung in die Arbeitsweisen Beobachten, Vergleichen, Ordnen, Experimentieren und Modelle nutzen sowie die Denkweisen Fragestellung und Hypothese, Planung und Durchführung und Auswertung und Reflexion strukturiert. Es konnte bereits gezeigt werden, dass sich dieses fachübergreifende Modell grundsätzlich für die Analyse von Unterricht, in diesem Fall Chemie- und Biologieunterricht, eignet (Nehring et al., 2016). Das Modell erlaubt demnach eine Identifizierung der Denk- und Arbeitsweisen im Unterricht und ermöglicht so eine Strukturierung auf der Oberflächenstruktur. Es kann demnach eine Aussage darüber getroffen werden, ob und in welchem Umfang Phasen naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen im Unterricht auftreten. Das Modell ermöglicht zum einen jedoch keine Aussage über die Qualität dieser Phasen (s. Beitrag Weber, Tiemann & Upmeyer zu Belzen) und zum anderen sind keine Aussagen über konkrete Lerngelegenheiten, die in diesen Phasen zur Verfügung stehen, möglich. Nach Brunner et al. (2006) erfolgt die Förderung von Kompetenzen bei Lernenden jedoch über Lerngelegenheiten. Keller und Reintjes (2016) bezeichnen Aufgaben in diesem Zusammenhang als Schlüssel zur Kompetenz. Daher erscheint es zielführend, die in den Phasen naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen gestellten Aufgaben bzw. jede Art von Instruktionen durch die Lehrkraft genauer in den Blick zu nehmen (s. Beitrag Koenen & Ahrens). Des Weiteren zeigen einige Studien Hinweise darauf, dass Lernen in diesem Bereich dann besonders erfolgreich ist, wenn Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung explizit thematisiert werden (s. bsp. Lazonder & Harmsen, 2016; Vorholzer, von Aufschnaiter, & Boone, 2018; s. Beitrag Vorholzer & Petermann). Die beschriebenen Perspektiven dienen der Detailanalyse von naturwissenschaftlichem Unterricht mit dem Ziel der Förderung von Kompetenzen in diesem Bereich. Daher erscheint es zur Erzeugung eines Gesamtbildes sinnvoll, auch die Kompetenzorientierung des Unterrichts im Ganzen genauer in den Blick zu nehmen (s. Beitrag Heinitz & Nehring). Die entwickelten vier Perspektiven ermöglichen eine detaillierte

Beschreibung des Unterrichts mit Blick auf Erkenntnisgewinnung. Um dieses Bild erzeugen zu können, müssen aber zunächst Instrumente entwickelt werden, die die Beschreibung dieser Perspektiven reliabel und valide erlauben.

### Zielsetzung

Daher wird im Rahmen der Beiträge in diesem Symposium zunächst die Entwicklung von Instrumenten, die die Untersuchung folgender Perspektiven im naturwissenschaftlichen Unterricht ermöglichen, vorgestellt:

- Qualität von Prozessen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung
- Instruktionen im Unterricht
- Explizierung von Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung
- Facetten von Kompetenzorientierung auf Stundenebene

### Methodische Umsetzung

Die Instrumente erlauben zunächst jeweils für sich eine Beschreibung von naturwissenschaftlichem Unterricht auf der Basis von Unterrichtsvideos. Die Entwicklung der Instrumente zur Erfassung der jeweiligen Perspektiven wird im Rahmen der einzelnen Beiträge dieses Symposiums vorgestellt. Das Zusammenspiel der verschiedenen Perspektiven ermöglicht eine detaillierte Beschreibung des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Bereich Erkenntnisgewinnung.

Um dies zu erreichen, werden zunächst Videos von naturwissenschaftlichem Unterricht in Bezug auf die verwendeten Denk- und Arbeitsweisen (vgl. Nehring et al., 2016) kodiert. Dazu wurden in einem ersten Schritt Videos von Unterrichtsstunden ausgewählt, die Phasen naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen beinhalten. Diese Kodierung erlaubt eine Phasierung des Unterrichts. Diese Phasen werden im Anschluss durch die Perspektiven genauer charakterisiert. Abbildung 1 verdeutlicht das beschriebene Vorgehen.

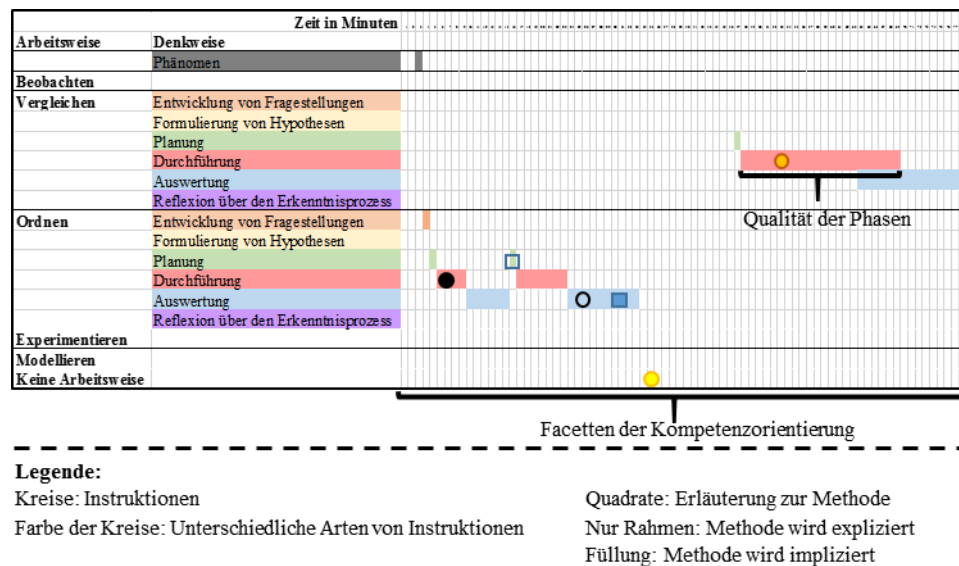


Abbildung 1: Darstellung des Zusammenspiels der verschiedenen Perspektiven zur Beschreibung naturwissenschaftlichen Unterrichts

Die Beschreibung der Qualität der Phasen mithilfe von Leveln erlaubt gemeinsam mit der in dieser Phase verwendeten Arten der Aufgaben eine detaillierte Beschreibung der zur Verfügung stehenden Lerngelegenheiten im Allgemeinen und auch im Speziellen mit Blick auf die Explizierung der naturwissenschaftlichen Methoden. Diese Lerngelegenheiten können insbesondere mit Blick auf die angestrebte Kompetenzorientierung evaluiert werden. Diese Beschreibung auf der Micro-Ebene der Stunde kann dann in Zusammenhang mit der Makro-Ebene der Stunde, die durch ein Rating der Facetten von Kompetenzorientierung beschrieben wird, in Zusammenhang gebracht werden.

### **Ausblick**

Die Analyse ausgehend von den verschiedenen Perspektiven einer größeren Zahl von Videos, die authentischen naturwissenschaftlichen Unterricht zeigen, und die Nutzung verschiedener Ebenen erlaubt im Sinne des Angebot-Nutzung-Modells nach Helmke (2004) eine detaillierte Beschreibung des Angebotes und möglicherweise eine Identifizierung von Mustern bei den Zusammenhängen zwischen den verschiedenen Perspektiven, die besonders erfolgsversprechend in Bezug auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler zu sein scheinen. Langfristig muss im Sinne der Nutzung aufbauend die Wirkung verschiedener Ausprägung der genannten Perspektiven bzw. möglicher Muster auf die Leistung der Schülerinnen und Schüler untersucht werden.

**Literatur**

- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T., . . . Neubrand, M. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 521–544.
- Helmke, A. (2004). *Unterrichtsqualität: Erfassen, Bewerten, Verbessern* (3. Aufl.). Seelze: Kallmeyer.
- Keller, S. & Reintjes, C. (2016). Aufgaben als Schlüssel zur Kompetenz: eine Einleitung. In S. Keller (Hrsg.), *Aufgaben als Schlüssel zur Kompetenz. Didaktische Herausforderungen, wissenschaftliche Zugänge und empirische Befunde* (1. Aufl., S. 15–26). Münster: Waxmann.
- Lazonder, A., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718.
- Nehring, N., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeyer zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. 22(1). 77-96.
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C., & Boone, W. J. (2018). Fostering Upper Secondary Students' Ability to Engage in Practices of Scientific Investigation: a Comparative Analysis of an Explicit and an Implicit Instructional Approach. *Research in Science Education*, online first 1.2.2018. DOI 10.1007/s11165-018-9691-1.



Joé Weber  
 Rüdiger Tiemann  
 Annette Upmeyer zu Belzen

Humboldt-Universität zu Berlin

## **Erkenntnisgewinnung - Qualität von Lerngelegenheiten -**

### **Theorie und Stand der Forschung**

Der Aufbau von Kompetenzen durch Lernende erfolgt z.B. durch von Lehrkräften gestaltete Lerngelegenheiten (LG) (Brunner et al., 2006). Grundlage für die Gestaltung von LG ist das Professionswissen einer Lehrkraft, welches pädagogisches Wissen, Fachwissen und fachdidaktisches Wissen umfasst (Shulman, 1987). Erkenntnisgewinnung (EG) als Teil des Fachwissens definiert Mayer (2007) als komplexen Problemlöseprozess, der durch grundlegende Prozeduren charakterisiert und von Situationsvariablen, Merkmalen der Lernumgebung sowie Personenvariablen, Merkmalen der Lernenden und Merkmalen der Lehrkraft beeinflusst wird. Als grundlegende Prozeduren werden Aspekte wissenschaftlichen Denkens verstanden (z.B. Fragestellungen entwickeln, Hypothesen formulieren). Sie leiten Erkenntnisprozesse, die sich in verschiedenen Arbeitsweisen vollziehen (z.B. Beobachten, Experimentieren, Modelle nutzen). Nehring, Stiller, Nowak, Upmeyer zu Belzen und Tiemann (2016) schlagen eine entsprechende zweidimensionale Strukturierung für Biologie und Chemie vor. Es gibt bereits Kompetenzbeschreibungen für die EG für Lehrkräfte sowie Lernende (Grube, 2010; Hartmann et al., 2015). Inwiefern ein Zusammenhang zwischen Lehrer- und Schülerkompetenzen besteht, ist eine relevante Frage, die durch die Analyse von LG bearbeitet werden kann (Baumert & Kunter, 2011). Speziell Videoanalysen ermöglichen einen direkten Zugang zum Unterricht und damit zur Untersuchung des Unterrichtsangebotes sowie der Lerngelegenheiten (Björkman & Tiemann, 2013). Es liegen bereits Videoanalysen zur strukturellen Beschreibung von Prozessen der EG vor, beispielsweise zu den zeitlichen Anteilen der Denk- und Arbeitsweisen (z.B. für Chemie: Nehring et al., 2016). Darüber hinaus beschreibt Wüsten (2010) allgemeine und fachspezifische Qualitätsmerkmale für den Biologieunterricht. Mit Blick auf EG sind dies der *Einbezug naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen*, der *Umgang mit Modellen* und der *Einsatz realer Objekte*. Auch wenn Wüsten (2010) bereits die Berücksichtigung dieser Merkmale als ein Merkmal von Qualität des Unterrichts betrachtet, sagt dies nichts über die Qualität der Umsetzung aus, z.B. ob die Arbeitsweise Experiment durch eine im Sinne wissenschaftstheoretischer Merkmale angemessenen Hypothese geleitet ist. Eine Hypothese ist in diesem Sinne gut, wenn sie einen Bezug zu einer wissenschaftlichen Fragestellung aufweist (Puthz, 1988), wenn sie theoriebasiert, nachprüfbar und formallogisch fehlerfrei ist, operationalisiert vorliegt und falsifizierbar ist (Döring & Bortz, 2016). Kompetenz der Lernenden zeigt sich also darin, dass Hypothesen nach diesen Merkmalen formuliert werden können. Der Aufbau dieser Kompetenzen vollzieht sich kumulativ durch Nutzung von Lerngelegenheiten und wird in Kompetenzmodellen häufig gestuft dargestellt (z.B. Grube, 2010). Für Studierende und Schüler\_innen zeigt sich empirisch, dass sie im Erkenntnisprozess kaum Bezüge zu Theorie herstellen (Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010), Schwierigkeiten bei der Formulierung von Hypothesen haben (Meier, 2016) und Probleme beim Umgang mit Variablen bestehen (Hamann, 2004). Bei Schüler\_innen zeigt sich, dass Kompetenzen im Bereich der EG eher gering ausgeprägt sind (Baumert, 2002), bei Lehramtsstudierenden zeigt sich dagegen eine große Varianz (Hartmann et al., 2015). Befunde zur Gestaltung von entsprechenden LG zeigen, dass Lehramtsstudierende Erkenntnisprozesse im Unterricht meist zum Erwerb von Fachwissen einsetzen (Björkman & Tiemann, 2013), dass sie Erkenntnisprozesse stark lenken

(Chin, Goh, Chia, Lee & Soh, 1994) und dass sie Schüler\_innen kaum zum eigenständigen Arbeiten anregen (Tesch & Duit, 2004).

Wie LG gestaltet sein sollten, um die Kompetenzen zu EG Lernender erfolgreich zu fördern, ist bisher kaum untersucht. Ziel dieses Projektes ist es daher, videodokumentierte Erkenntnisprozesse zunächst ereignisbasiert in Denk- und Arbeitsweisen zu strukturieren und diese LG zu EG nach ihrer Qualität zu bewerten. Durch den Einbezug der Qualität der LG wird das Modell von Nehring u.a. (2016) um eine dritte Dimension erweitert und enthält somit Arbeitsweisen, Denkweisen sowie darauf bezogene Qualitätslevel. Dabei steht zunächst die Entwicklung von Analyseinstrumenten (Kodiermanuale) im Mittelpunkt der Arbeit. Die Ergebnisse zu den LG bezüglich der Denkweisen *Fragestellung* und *Hypothese* werden in diesem Beitrag dargestellt.

### **Forschungsfrage**

*Inwiefern ist das theoretisch begründete Kodiermanual geeignet, um Unterrichtsvideos in Denkweisen zu strukturieren und die LG zu Fragestellung und Hypothese bezüglich ihrer Qualität zu bewerten)?*

### **Methode**

Das Kodiermanual zur Bestimmung der LG zu Denkweisen baut auf ein Manual von Stiller (2015) auf. Die Qualitätslevel werden im vorliegenden Projekt aus diversen Kompetenzmodellen wie beispielsweise dem Modell zum *Wissenschaftlichen Denken* (Grube, 2010) oder dem der *Experimentellen Kompetenz* (Nawrath, Maisyenko & Schecker, 2011) abgeleitet. Das entwickelte Kodiermanual zur Qualität der LG enthält Merkmale zur Beschreibung der Situation sowie die Qualitätslevel zu den Denkweisen *Fragestellung* und *Hypothese*. Es wurde in mehreren Schleifen auf das Videomaterial angewendet und dabei ausgeschärft (Seidel, Prenzel, Duit & Lehrke, 2003). Es beinhaltet Kategorien zu Situationsmerkmalen, die einmal für die gesamte LG kodiert werden (Oberflächenmerkmale) sowie Kategorien, die für jede einzelne Fragestellung oder Hypothese kodiert werden (spezifische Merkmale). Jede Kategorie wird im Kodiermanual gleichermaßen strukturiert dargestellt, beginnend mit einer Definition, gefolgt von der Operationalisierung der Qualitätslevel und der Situationsmerkmale. Es folgen Ankerbeispiele und spezielle Kodierregeln. Die festgelegten LG zu Denkweisen werden zuerst anhand der Oberflächenmerkmale (z.B. *Entstehung der Hypothesen*) kodiert. Danach werden die einzelnen Fragestellungen und Hypothesen ereignisbasiert kodiert und anhand der spezifischen Merkmale (z.B. *Komplexität der Hypothese*) kodiert sowie durch die Zuordnung zu Qualitätsmerkmalen (z.B. *Falsifizierbarkeit der Hypothese*) bewertet. Dabei wird die zuletzt formulierte oder dokumentierte Fragestellung bzw. Hypothese berücksichtigt. Die bisher verwendeten sieben Videos (592 Minuten) wurden vollständig doppelt kodiert.

### **Ergebnisse**

Die untersuchten Doppelstunden enthalten zwölf einer Arbeitsweise zugeordnete Erkenntnisprozesse, die in 51 LG zu Denkweisen strukturiert wurden. Die prozentuale Übereinstimmung betrug mindestens 78,6 % und es wurden sehr gute Interraterreliabilitäten erreicht (Korrigierter  $\kappa > 0.77$ ; Brennan & Prediger, 1981; VERBI Software, 2018; Wirtz & Caspar, 2002). Mit 31 LG und 452 Minuten, mehr als 70 % der Unterrichtszeit, sind die LG zu *Durchführung* und *Auswertung* dominierend. Im Gegensatz dazu werden in elf LG nur 48 Minuten mit den Denkweisen zu *Fragestellung* und *Hypothese* verbracht.

Die Merkmale der LG, welche die Situation der Entstehung von Fragestellungen und Hypothesen beschreiben, zeigen, dass in drei von sechs LG die Fragestellungen von der Lehrkraft vorgegeben wurden. In vier LG wurde jeweils nur eine Fragestellung formuliert. In einer LG fand keine schriftliche Sicherung der Fragestellung statt. In allen fünf LG zur

Denkweise *Hypothese* wurden multiple Hypothesen von Schüler\_innen formuliert, wobei dieser Prozess durch die Lehrkraft geleitet und schriftlich festgehalten wurde. Aus den Ergebnissen zu Fragestellungen und Hypothesen wird exemplarisch die Kodierung einer Hypothese dargestellt (Tab. 1). Die prozentuale Übereinstimmung betrug mindestens 76,2 %, es wurden mindestens gute Interraterreliabilitäten für die Kategorien erreicht (Korrigierter  $\kappa > 0.67$ ; Brennan & Prediger, 1981; VERBI Software, 2018; Wirtz & Caspar, 2002).

Tab.1: Häufigkeiten ausgewählter Kodierungen und Ergebnisse einer Beispielhypothese; in [] Ergänzung durch den Autor; 1,2 und 3 vorangestellt = Qualitätslevel; Grau hinterlegt = Kodierung der Beispielhypothese; in () Anzahl Kodierungen je Ausprägung; (N=21)

| Kategorie/ Hypothese:   | Damit (er) [der männliche Widafink durch längere schönere Schwanzfedern] mehr Erfolg bei Weibchen hat. |                 |                        |                    |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|--------------------|
| Relevanz                | Nicht berücksichtigt (4)                                                                               |                 | Berücksichtigt (17)    |                    |
| Komplexität             | Fakt(en) (17)                                                                                          |                 | Zusammenhäng(e) (4)    | Konzept (0)        |
| Art                     | Nicht zuzuordnen (3)                                                                                   | Quantitativ (2) | Qualitativ (15)        | Beides (1)         |
| Operationalisierung     | Nur eine Variable (8)                                                                                  |                 | Zum Teil (7)           | Vollständig (6)    |
| Aktivierung Vorwissen   | 1: Nicht gegeben (17)                                                                                  |                 | 3: Gegeben (4)         |                    |
| Sprachliche Sparsamkeit | 1: Nicht gegeben (3)                                                                                   |                 | 3: Gegeben (18)        |                    |
| Eindeutigkeit           | 1: Nicht gegeben (4)                                                                                   |                 | 3: Gegeben (17)        |                    |
| Präzision               | 1: Nicht gegeben (4)                                                                                   |                 | 3: Gegeben (17)        |                    |
| Geltungsbereich         | 1: Situationsbezogen (17)                                                                              |                 | 2: Verallgemeinert (2) | 3: Übertragbar (2) |
| Konditionalsatz         | 1: Kein Konditionalsatz (16)                                                                           |                 | 2: Implizit (4)        | 3: Explizit (1)    |

Eine Aktivierung von Vorwissen findet in den kodierten Videos sowohl bei den entwickelten Fragestellungen als auch bei den Hypothesen selten statt. Der Bezug zum Phänomen/zur Fragestellung, formallogische Fehlerfreiheit und Eindeutigkeit sind fast immer gegeben. Alle Hypothesen sind falsifizierbar und nachprüfbar. Die Operationalisierung der Hypothesen ist selten vollständig. Die Fragestellungen sind meist methodisch offen formuliert.

### Diskussion

Fragestellungen werden in den untersuchten Unterrichtsvideos, auch wenn sie methodisch offen formuliert sind, von der Lehrkraft oft passend zum geplanten Erkenntnisprozess vorgegeben. Dies lässt auf einen fest vorgeplanten Ablauf der *Durchführung* schließen und deutet darauf hin, dass der Unterricht auf die Vermittlung von Fachwissen ausgelegt ist (Chin et al., 1994; Stiller, 2015; Tesch & Duit, 2004)

Es findet wenig Aktivierung von Vorwissen statt, was die Befunde von Zeineddinn und Abdel-Khalick (2010) stützt, wonach Schüler\_innen in Erkenntnisprozessen kaum Bezüge zu Theorie herstellen. Dennoch ist davon auszugehen, dass bei der Entwicklung von Fragestellungen und der Formulierung von Hypothesen das Vorwissen der Schüler\_innen implizit in die Entwicklung einfließt. Das Einbinden von Vorwissen ist im Videomaterial nicht zu beobachten, da die Schüler\_innen trotz Aufforderung der Lehrkraft nicht verbal begründen. Darüber hinaus sind die Hypothesen selten operationalisiert, d.h. mit Variablen und deren Zusammenhängen bzw. Merkmalsausprägungen dokumentiert. Das spiegelt die Probleme der Lehrkräfte und Lernenden im Umgang mit Variablen wider (Hammann, 2004).

Die hohen Qualitätslevel bei Fragestellungen und Hypothesen in den Kategorien Bezug zum Phänomen/zur Fragestellung, Widerspruchsfreiheit, Nachprüfbarkeit und Falsifizierbarkeit, zeigen, dass die Qualität der Fragestellungen und Hypothesen in den sieben betrachteten Unterrichtsvideos höher ist als gemäß der Literatur erwartet (Baumert, 2002).

### Ausblick

Im weiteren Projektverlauf werden die Kategorien zur Beschreibung von Qualitätslevel für die LG zu den Denkweisen Planung, Durchführung, Auswertung und Reflexion entwickelt und angewendet. Die Ergebnisse werden mit Blick auf die von den Kooperationspartner\_innen im Symposium dargestellten Befunde ausgewertet. Außerdem wird untersucht, inwiefern die auf dem Kodiermanual beruhenden Befunde im Sinne der Theorie valide interpretierbar sind (AERA, APA & NCME, 2014).

### Literaturverzeichnis

- AERA, APA & NCME. (2014). *Standards for educational and psychological testing*. Washington, DC: American Educational Research Association.
- Baumert, J. (2002). Deutschland im internationalen Bildungsvergleich. In N. Killius (Hrsg.), *Die Zukunft der Bildung* (Edition Suhrkamp, Bd. 2289, Orig.-Ausg., 1. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das mathematikspezifische Wissen von Lehrkräften, kognitive Aktivierung im Unterricht und Lernfortschritte von Schülerinnen und Schülern. In M. Kunter (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 163–192). Münster: Waxmann.
- Björkman, J. & Tiemann, R. (2013). Teaching Patterns of Scientific Inquiry: A Video Study of Chemistry Lessons in Germany and Sweden. *Science Education Review Letters* (2013), 1–7.
- Brennan, R. L. & Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa. Some Uses, Misuses, and Alternatives. *Educational And Psychological Measurement*, 41 (3), 687–699.  
<https://doi.org/10.1177/001316448104100307>
- Chin, C., Goh, N.-K., Chia, L.-S., Lee, K.-W. L. & Soh, K.-C. (1994). Pre-service teachers' use of problem-solving in primary science. *Research in Science Education*, 24, 41–50.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Auflage). Berlin Heidelberg: Springer.
- Grube, C. (2010). *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. (Dissertation). Universität Kassel, Deutschland.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57 (4), 196–203.
- Hartmann, S., Mathesius, S., Stiller, J., Straube, P., Krüger, D. & Upmeyer zu Belzen, A. (2015). Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Teil des Professionswissens zukünftiger Lehrkräfte: Das Projekt Ko-WADiS. In B. Koch-Priewe, A. Köker, J. Seilfried & E. Wuttke (Hrsg.), *Kompetenzerwerb an Hochschulen: Modellierung und Messung. Zur Lehrerprofessionalisierung angehender Lehrerinnen und Lehrer sowie frühpädagogischer Fachkräfte* (S. 39–58). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In Krüger, D. Vogt, H. (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177–186). Berlin [u.a.]: Springer.
- Meier, M. (2016). *Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern* (Bd. 13). Dissertation. Berlin: Logos.
- Nawrath, D., Maisyenko, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz. Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *PdN Physik in der Schule* (6), 42–49.
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeyer zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22 (1), 77–96. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0043-2>
- Puthz, V. (1988). Experiment oder Beobachtung. Überlegungen zur Erkenntnisgewinnung in der Biologie. *Unterricht Biologie*, 12 (132), 11–13.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R. & Lehrke, M. (Hrsg.). (2003). *Technischer Bericht zur Videostudie "Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht"*. Kiel: IPN.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1–22.
- Stiller, J. (2015). *Scientific Inquiry im Chemieunterricht. Eine Videoanalyse zur Umsetzung von Erkenntnisgewinnungsprozessen im internationalen und schulstufenübergreifenden Vergleich*. Dissertation. Humboldt-Universität zu Berlin, Deutschland.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht. Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51–69.
- VERBI Software. (2018). *MAXQDA 2018 Manual*. Verfügbar unter <https://www.maxqda.de/download/Online-Manual-Complete-Deutsch.pdf>
- Wirtz, M. A. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Göttingen: Hogrefe Verl. für Psychologie.
- Wüsten, S. (2010). *Allgemeine und fachspezifische Merkmale der Unterrichtsqualität im Fach Biologie. Eine Video- und Interventionsstudie*. Berlin: Logos.
- Zeineddin, A. & Abd-El-Khalick, F. (2010). Scientific reasoning and epistemological commitments. Coordination of theory and evidence among college science students. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (9), 1064–1093. <https://doi.org/10.1002/tea.20368>

Jenna Koenen<sup>1</sup>  
Svenja Ahrens<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität München  
<sup>2</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

## **Arten der Instruktionen bei Erkenntnisgewinnungsprozessen im Unterricht**

### **Ausgangslage und theoretischer Hintergrund**

Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sind in ihrer Struktur bisher vielfältig untersucht (vgl. unter anderem Emden, 2011; Klahr & Dunbar, 1988; Nehring et al., 2016). Die Umsetzung im Regelunterricht ebenso wie die Art und die Qualität der Lerngelegenheiten sind bisher jedoch kaum geklärt. Aufgaben bzw. Instruktionen stellen die zentralen Lerngelegenheiten im Unterricht dar. So haben sie nach Bruder (2003) großes Potential zur Gestaltung des Unterrichts. Keller und Reintjes (2016) bezeichnen sie sogar als Schlüssel zur Kompetenz. Daher erscheint es lohnenswert den Zusammenhang zwischen den im Unterricht eingesetzten Instruktionen und den naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen genauer zu betrachten. Instruktionen können in Summe sehr unterschiedlich beschrieben werden. So finden sich in der Literatur bereits Klassifizierungen nach dem Niveau der kognitiven Aktivität, der adressierten Wissensart, dem Format der Antwort, der Intention, der sprachlichen Komplexität und viele mehr (vgl. u. a. Jatzwauk, 2007; Prediger & von Aufschnaiter, 2017). In Zusammenhang mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen erscheinen jedoch vor allen Dingen die angesprochenen kognitiven Aktivitäten und Wissensarten von Relevanz.

### **Zielsetzung und Forschungsfragen**

Zur Untersuchung der im naturwissenschaftlichen Unterricht verwendeten Instruktionen muss zunächst ein Kodiermanual entwickelt werden, welches es erlaubt, die Instruktionen angemessen zu beschreiben. Daher wurde im Rahmen dieses Projektes zunächst ein Kodiermanual entwickelt, dass im Anschluss in Bezug auf seine Validität und Reliabilität geprüft wurde. Daher ergeben sich zunächst die folgenden beiden Forschungsfragen:

- Inwieweit lassen sich die im naturwissenschaftlichen Unterricht verwendeten Instruktionen in Bezug auf ihre Art valide beschreiben und analysieren?
- Inwieweit lassen sich die im naturwissenschaftlichen Unterricht verwendeten Instruktionen reliabel abbilden?

Erst in einem zweiten Schritt können dann die im Unterricht verwendeten Instruktionen im Detail analysiert werden.

- In Bezug auf welche Arten der im naturwissenschaftlichen Unterricht verwendeten Instruktionen ergeben sich erste Muster im Zusammenhang mit den implementierten naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen.

Im Rahmen dieses Beitrags wird differenziert auf die beiden erst genannten Fragen eingegangen.

### **Methodik zur Entwicklung des Kodiermanuals**

Das Kodiermanual wurde in Anlehnung an den Validierungskreislauf von Seidel (2003) entwickelt. Zunächst wurde basierend auf einer Literaturrecherche ein Kategoriensystem erarbeitet, welches anschließend mehrfach auf Basis von ersten Probekodierungen überarbeitet und revidiert wurde. Zur Validierung wurde des Weiteren ein Expertenrating mit Fachdidaktikern und Lehrkräften genutzt. Im Rahmen dieses Ratings mussten Experten Ankerbeispiel den Kategorien auf Basis ihrer Beschreibungen zuordnen, wobei ein Ausschlussverfahren dadurch verhindert wurde, dass keine Gleichverteilung der Instruktionen vorlag. Neben der Zuordnung der Beispielinstruktionen wurden die Experten

auch gebeten Schwierigkeiten zu notieren und Verbesserungsvorschläge zu machen. Basierend auf der Rückmeldung der Experten wurde das Manual noch einmal optimiert, bevor eine Kodierung zur Bestimmung der Interraterreliabilität durchgeführt wurde. Bevor jedoch auf die Ergebnisse der Interraterreliabilität eingegangen werden soll, wird zunächst die Struktur des Manuals genauer vorgestellt.

### Struktur des Kodiermanuals

Das Manual basiert im Wesentlichen auf Arbeiten von Jatzwauk (2007), Wilhelm et al. (2016) und am Material induktiv entwickelten Kategorien. Abbildung 1 stellt seine Strukturierung übersichtlich dar. Die Definitionen der einzelnen Kategorien können der Arbeit von Ahrens (2018) entnommen werden. Das Manual beinhaltet neben den Definitionen der Hauptkategorien, auch die Definitionen der Subkategorien, sowie die Bezeichnungen, Ankerbeispiele, Literaturhinweise und detaillierte Erläuterungen zu möglichen Kodierentscheidungen.

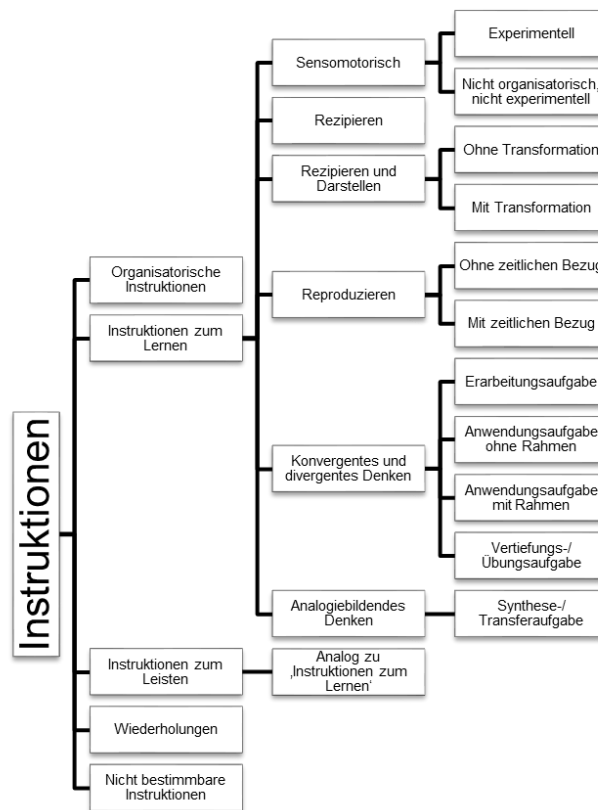


Abbildung 1: Darstellung der Struktur des Kodiermanuals basierend auf Ahrens (2018)

### Interraterreliabilität

Die Doppelkodierung wurde von der Entwicklerin des Manuals sowie einer Zweitkodiererin vorgenommen, die zunächst geschult wurde. Die Schulung beinhaltete eine Einarbeitung in das Manual und das zugehörige Fließschema als Entscheidungsunterstützung, anschließend

wurden Fragen geklärt, die während der Einarbeitung aufgetreten sind. Im Anschluss erfolgte die Kodierung eines Probevideos. Die Ergebnisse dieser Kodierung wurden im Anschluss gemeinsam ausgewertet und mögliche Abweichungen diskutiert. Im Anschluss wurde die Doppelkodierung durchgeführt. Zur Bestimmung der Interraterreliabilität wurde Cohens Kappa verwendet (Döring & Bortz, 2016). Im Rahmen der Doppelkodierung wurden 111 Instruktionen kodiert. Es ergeben sich für das Gesamtmanual und die Subkategorien Cohens Kappa Werte von  $.79 \leq \kappa \leq .88$ . Die Übereinstimmung liegt damit in einem sehr guten Bereich.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die sorgfältige Entwicklung und mehrfache Revision des Manuals unter Einbezug der aktuellen Literaturlage und der Ergebnisse des Expertenratings sichern die Validität des entwickelten Manuals ab. Die sehr gute Interraterreliabilität zeigt darüber hinaus, dass die im Unterricht auftretenden Instruktionen reliabel erfasst werden können. Das Manual ermöglicht die Beschreibung aller im Unterricht eingesetzten Instruktionen und die Erstellung von Instruktionsprofilen einzelner Stunden. Ein Beispiel für ein solches Profil im Sinne einer Verteilung der Arten von Instruktionen (ohne Wiederholungen und nicht bestimmbare Instruktionen) findet sich in Abbildung 2.

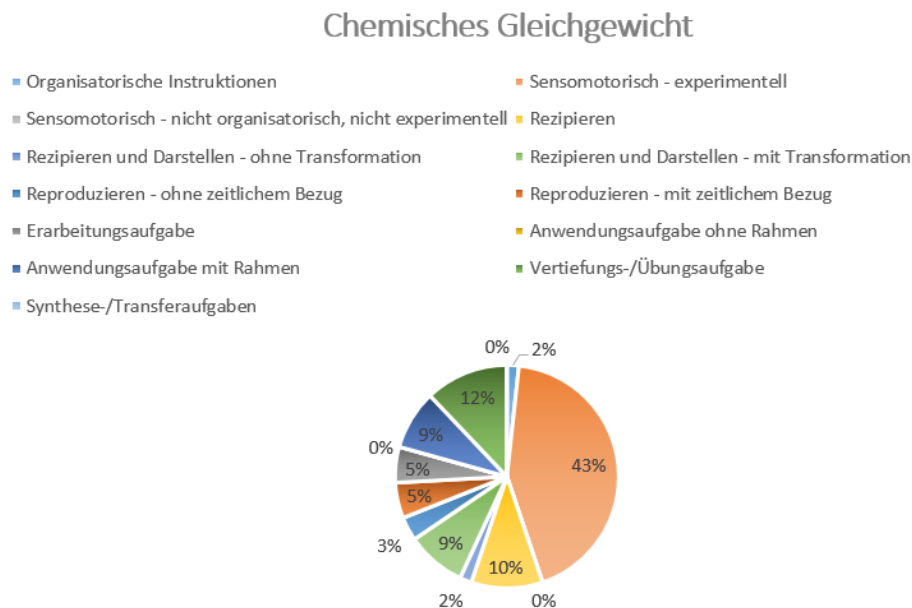


Abbildung 2: Beispiel eines Stundenprofils anhand der eingesetzten Instruktionen

Diese Profile können nun in Zusammenhang zu anderen Merkmalen naturwissenschaftlichen Unterrichts gebracht werden, wie zum Beispiel die Verwendung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen, deren Qualität, die Explizierung von naturwissenschaftlichen Methoden oder im Allgemeinen zur Kompetenzorientierung der Stunden. Durch das in Beziehung setzen der Profile zu anderen Facetten naturwissenschaftlichen Unterrichts ergeben sich Perspektiven zur Identifizierung möglicher Zusammenhänge und auch zur Herausarbeitung möglicher Gelingensbedingungen für erfolgreiches Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht.

### Literatur

- Ahrens, S. (2018). *Entwicklung und Validierung eines Kodiermanuals zur Analyse von Instruktionen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (Masterarbeit). Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- Bruder, R. (2003). Konstruieren-auswählen-begleiten. Über den Umgang mit Aufgaben. *Friedrichjahresheft*, 21, 12-15.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Berlin: Springer.
- Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich experimentellen Arbeitens: Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*. Berlin: Logos.
- Jatzwauk, P. (2007). *Aufgaben im Biologieunterricht – eine Analyse der Merkmale und des didaktisch-methodischen Einsatzes von Aufgaben im Biologieunterricht*. Berlin: Logos.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Searching During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1-48.
- Keller, S. & Reintjes, C. (2016). *Aufgaben als Schlüssel zur Kompetenz: eine Einleitung*. In S. Keller (Hrsg.), *Aufgaben als Schlüssel zur Kompetenz. Didaktische Herausforderungen, wissenschaftliche Zugänge und empirische Befunde* (1. Aufl., S. 15–26). Münster: Waxmann.
- Nehring, N., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeyer zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. 22(1), 77-96.
- Prediger, S. & von Aufschnaiter, S. (2017). Umgang mit heterogenen Lernvoraussetzungen aus fachdidaktischer Perspektive: Fachspezifische Anforderungs- und Lernstufen berücksichtigen. In T. Bohl, J. Budde & M. Rieger-Ladich (Hrsg.) *Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Seidel, T. (2003). Videobasierte Kodiervverfahren in der IPN Videostudie Physik – ein methodischer Überblick. In T. Seidel (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“*; BIQUA (IPN-Materialien, S. 99-112). Kiel: IPN.
- Wilhelm, M., Luthiger, H. & Schweizer, G. (2016). Prozessmodell kompetenzfördernder Aufgabensets. Ein Beispiel für den NMG-Unterricht aus biologischer Perspektive. In S. Keller & C. Reintjes (Hrsg.), *Aufgaben als Schlüssel zur Kompetenz. Didaktische Herausforderungen, wissenschaftliche Zugänge und empirische Befunde* (S. 345-356). Münster: Waxmann.



**(Wie) wird Erkenntnisgewinnung im Unterricht thematisiert?****Ausgangslage und theoretischer Hintergrund**

Der Einsatz von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (NDAW), z. B. dem Formulieren von Fragen, dem Planen von Untersuchungen oder dem Auswerten von Daten (vgl. Rahmenbeitrag Koenen et al. in diesem Band; Nehring et al., 2016) stellt einen wichtigen methodischen Zugang im naturwissenschaftlichen Unterricht dar, mit dem eine Vielzahl von Zielen erreicht werden sollen. So können beispielsweise Lehrer- oder Schülerexperimente dazu eingesetzt werden, um bei Schülerinnen und Schülern (SuS) fachinhaltliche Kenntnisse aufzubauen, ihre Team- und Problemlösefähigkeit zu fördern oder sie zu motivieren (Welzel et al., 1998; Hofstein & Lunetta, 2004). Die zentrale Stellung von NDAW als Methode im naturwissenschaftlichen Unterricht lässt sich exemplarisch in mehreren Studien zum Einsatz von Experimenten im Physikunterricht zeigen. So ergaben z. B. sowohl die Studien von Tesch und Duit (2004) als auch die Arbeiten von Börlin und Labudde (2014), dass die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Demonstrations- oder Schülerexperimenten im Physikunterricht im Mittel ca. zwei Drittel der Unterrichtszeit einnimmt. NDAW sind jedoch nicht nur eine zentrale Methode, sondern spätestens seit der Einführung der Bildungsstandards auch ein wichtiges Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts. SuS sollen neben fachinhaltlichen Kompetenzen auch Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten aufbauen (z. B. KMK, 2005; Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung). Befunde fachdidaktischer und entwicklungspsychologischer Forschung zeigen deutlich, dass der Aufbau solcher Kompetenzen erfordert, dass NDAW im Unterricht explizit thematisiert werden, u. a. indem SuS entsprechende Regeln (z. B. zur Variablenkontrolle) mitgeteilt und deren Bedeutung und Anwendung mit ihnen besprochen und geübt wird (u. a. Kalthoff, Theyßen & Schreiber, 2018; Vorholzer, von Aufschnaiter & Boone, 2018; zsf. in Lazonder und Harmsen, 2016). Jedoch scheint eine solche explizite Thematisierung in der Unterrichtspraxis nur selten stattzufinden. Duit (2005) berichtet hierzu im Kontext der IPN-Video studie: Es „dominiert der Unterricht über die ‚klassischen‘ Inhalte [...] Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen [...] werden nur sehr selten ausdrücklich angesprochen“ (Duit, 2005, S. 12). Es scheint jedoch bisher nicht systematisch untersucht zu sein, in welchem Umfang und wie Kompetenzen zu NDAW im aktuellen naturwissenschaftlichen Unterricht thematisiert werden. Dieser Fragestellung soll im vorgestellten Projekt nachgegangen werden.

**Methodische Vorgehen**

Ausgangspunkt der Analyse bilden Videoaufzeichnung von sieben 90-minütigen Unterrichtsstunden (3 Biologie, 4 Chemie), die bereits im Hinblick auf die im Unterricht eingesetzten naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen vorkodiert wurden (Basiskodierung). Die Basiskodierung baut auf der modifizierten Version eines Modells von Nehring und anderen (2016) auf, welches sechs Denk- (Fragen, Hypothesen, Planung, Durchführung, Auswertung, Reflexion) und drei Arbeitsweisen (Modelle nutzen, Experimentieren, Beobachten/Vergleichen/Ordnen) umfasst und im Klammerbeitrag (vgl. Koenen et al. in diesem Band) ausführlich beschrieben wird. Die durch die Basiskodierung definierten Phasen (z. B. „Experiment – Planung“, „Experiment – Auswertung“, etc.) wurden anschließend in einem zweistufigen Verfahren im Hinblick auf die Thematisierung von NDAW analysiert. Im *ersten Schritt* wurde mit Hilfe eines deduktiv aus in der Literatur beschriebenen Merkmalen expliziter Thematisierung (z. B. Kalthoff, Theyßen & Schreiber, 2018; Vorholzer, von

Aufschnaiter & Boone, 2018) abgeleiteten Kategoriensystems untersucht, inwiefern in einer *gesamten Phase* Elemente expliziter Thematisierung zu erkennen sind. Hierbei wurde z. B. erfasst, ob und von wem in einer Phase Konzepte (Regeln, Strategien, etc.) zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten verbal geäußert (Tab. 1, Kategorie A) und/oder in Form von Merksätzen gesichert wurden (Tab. 1, B). Darüber hinaus wurde kodiert, ob in der Phase Fragen oder Aufgaben an die SuS gestellt wurden, die ein hohes Potential für die Anwendung von Konzepten zu NDAW haben (Tab. 1, C1). Ein Beispiel für eine Aufgabe mit hohem Potential wäre der Auftrag „Erstellen Sie ein Diagramm zum eben durchgeführten Versuch“, da hierbei eine Auseinandersetzung mit den Regeln für das Erstellen von Diagrammen (z. B. dazu, welche Variable auf welcher Achse notiert wird, wie die Achsen zu skalieren sind, etc.) naheliegend ist. Die Frage „Welche Art von Reaktion ist hier gerade abgelaufen?“ weist im Gegensatz dazu z. B. nur ein sehr geringes Potential auf, da sie vermutlich vor allem die Auseinandersetzung mit fachinhaltlichen Aspekten anregt. Werden im Kontext einer Aufgabe mit hohem Potential außerdem auf NDAW bezogene Aspekte zum Gegenstand des Unterrichts gemacht (z. B. indem die Lehrkraft den SuS erklärt, wie man ein Diagramm skaliert), wird zudem „NDAW Potential genutzt“ kodiert (C2). Um detaillierte Erkenntnisse über die Anzahl und den Inhalt der *innerhalb einer Phase* geäußerten NDAW-Konzepte und der Aufgaben mit hohem fachmethodischen Potential zu erhalten, wurden entsprechende verbale Äußerungen in einem *zweiten Schritt* eventbasiert kodiert. Zudem wurden die Zeitintervalle innerhalb einer Phase kodiert, die für die Thematisierung von NDAW verwendet wurden. Zur Bestimmung der Beurteilerübereinstimmung wurden zwei Unterrichtsvideos von zwei Kodierern unabhängig voneinander kodiert und die Inter-coder-Übereinstimmung berechnet. Hierbei ergab sich für die Kodierungen auf Ebene der gesamten Phasen (1. Kodierschritt) eine gute ( $.88 < \kappa < .89$ ) und für die eventbasierte Kodierung der einzelnen Fragen und Aussagen (2. Kodierschritt) eine befriedigende Beurteilerübereinstimmung ( $.52 < \kappa < .69$ ). Dass die Übereinstimmung bei der eventbasierten Kodierung geringer ausfällt, ist kaum verwunderlich, da hier – im Gegensatz zum ersten Kodierschritt – die Grenzen einer Kodierung von den Kodierern selbst identifiziert werden müssen.

### **Vorläufige Ergebnisse**

Die hier vorgestellten Ergebnisse basieren auf der Analyse von sieben Unterrichtsstunden, in denen im Zuge der Basiskodierung insgesamt 51 Phasen, die NDAW enthalten, identifiziert wurden. Die Analyse der Thematisierung von NDAW auf Ebene der Phasen (1. Kodierschritt; Tab. 1) ergab, dass 4 von 7 untersuchten Unterrichtsstunden mindestens eine Phase enthalten, in der Konzepte zu NDAW verbalisiert wurden (A). Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass diese Verbalisierung jedoch aus nur ca. 20 % aller Unterrichtsphasen stammen. Die eventbasierte Kodierung der einzelnen geäußerten Konzepte (2. Kodierschritt; nicht in Tab. 1 dargestellt) ergab zudem, dass über die Hälfte aller beobachteten Verbalisierungen (12 von insg. 22) in einer einzelnen Unterrichtsstunde („Bio3“ in Tab. 1) stattfanden. Bemerkenswert ist hierbei, dass in keiner der 7 Stunden bzw. 51 Phasen die verbalisierten Konzepte zu NDAW schriftlich gesichert wurden (B). Fast alle Stunden und insgesamt ca. 45 % aller Phasen enthalten Aufgaben mit hohem Potential zur Anwendung von NDAW-Konzepten (C1), diese Potential wird jedoch in nur 3 von 7 Stunden bzw. 20 % aller Phasen mindestens einmal tatsächlich genutzt. Die Gesamteinschätzung der Phasen (D) zeigte zudem, dass in lediglich 4 der 51 Phasen (die auf die 2 Unterrichtsstunden Bio3 und Ch2 entfallen) der Aufbau von Kompetenzen zu NDAW eine erkennbar zentrale Rolle zu spielen scheint. Mit Hilfe der eventbasierten Kodierungen konnte zudem eine erste Abschätzung für den zeitlichen Umfang der in den vier identifizierten Phasen stattfindenden Thematisierung von NDAW getroffen werden. In der Stunde „Bio3“ entfielen insgesamt knapp 30 Minuten der Unterrichtszeit auf die Thematisierung von NDAW, in der Stunde Ch2 immerhin knapp 10 Minuten.

*Tabelle 1: Übersicht über die Häufigkeit bzw. Ausprägung der Merkmale von expliziter Thematisierung in den Phasen der analysierten Doppelstunden (1. Kodierschritt)*

|                                        | Bio1                      | Bio2 | Bio3 | Ch1 | Ch2 | Ch3 | Ch4 | Σ         |
|----------------------------------------|---------------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----------|
| <b>A: Konzepte zu NDAW expliziert</b>  |                           |      |      |     |     |     |     |           |
| Nein                                   | 9                         | 4    | 12   | 3   | 3   | 5   | 5   | <b>40</b> |
| Ja, ganze Klasse (Lehrkraft)           | 1                         | 3    | 3    | 0   | 4   | 0   | 0   | <b>11</b> |
| Ja, von SuS                            | 1                         | 0    | 0    | 0   | 3   | 0   | 0   | <b>4</b>  |
| <b>B: Konzepte zu NDAW gesichert</b>   | kommt in keiner Phase vor |      |      |     |     |     |     |           |
| <b>C1: Aufgaben mit NDAW Potential</b> |                           |      |      |     |     |     |     |           |
| Nein                                   | 7                         | 2    | 8    | 3   | 2   | 4   | 4   | <b>29</b> |
| Ja, für gesamte Klasse                 | 3                         | 5    | 7    | 0   | 5   | 1   | 1   | <b>22</b> |
| <b>C2: NDAW Potential genutzt</b>      |                           |      |      |     |     |     |     |           |
| Nicht erkennbar                        | 9                         | 4    | 12   | 3   | 3   | 5   | 5   | <b>40</b> |
| Ja, durch Lehrkraft                    | 1                         | 3    | 3    | 0   | 4   | 0   | 0   | <b>11</b> |
| Ja, durch SuS                          | 1                         | 1    | 3    | 0   | 4   | 0   | 0   | <b>9</b>  |
| <b>D: Ausrichtung auf Aufbau NDAW</b>  |                           |      |      |     |     |     |     |           |
| Nicht erkennbar                        | 10                        | 3    | 12   | 3   | 4   | 5   | 5   | <b>41</b> |
| Erkennbar, untergeordnet               | 0                         | 4    | 1    | 0   | 1   | 0   | 0   | <b>6</b>  |
| Erkennbar, zentral                     | 0                         | 0    | 2    | 0   | 2   | 0   | 0   | <b>4</b>  |

### Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Kompetenzen und Konzepte zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten auch gut zehn Jahr nach Einführung der Bildungsstandards im naturwissenschaftlichen Unterricht nur selten explizit zum Gegenstand gemacht werden; die von Duit (2005) formulierte Beobachtung (s. o.) scheint somit auch heute noch zutreffend zu sein. Zwar muss bei der Deutung berücksichtigt werden, dass den auf Video aufgezeichneten Lehrkräfte kein bestimmtes Unterrichtsziel (z. B. Aufbau von fachinhaltlichen Kenntnissen oder die Förderung von NDAW) vorgegeben war und uns keine Informationen darüber vorliegen, welches Ziel sie in den gezeigten Stunden angestrebt haben. Dennoch erscheint der Befund bemerkenswert, wenn man bedenkt, dass ausschließlich Stunden analysiert wurden, in den NDAW als Unterrichtsmethode eingesetzt wurden und typischerweise einen großen Zeitanteil einnehmen (vgl. Ergebnisse zur Basiskodierung bei Weber, Tiemann & Upmeyer zu Belzen in diesem Band).

Die vorgestellten Analysen sollen perspektivisch in zweierlei Hinsicht weitergeführt werden. Zum einen ist die Kodierung weiterer Unterrichtsvideos geplant, um zu untersuchen, inwiefern sich die vorläufigen Ergebnisse auch in einer größeren Stichprobe zeigen. Zum anderen sollen die Ergebnisse dieser Studie in Beziehung zu den Befunden anderer Analysen der gleichen Videodaten (vgl. Klammerbeitrag zum Symposium, Koenen et al. in diesem Band) gesetzt werden, um „Querschnittsfragen“ zu untersuchen. So könnte z. B. in Verknüpfung mit den Arbeiten von Weber, Tiemann und Upmeyer zu Belzen (in diesem Band) untersucht werden, inwiefern die von den Lehrkräften verbalisierten (und ggf. gesicherten) Konzepte aus fachlicher Sicht angemessen sind und welche Qualität sie haben. Die Vernetzung mit den Arbeiten von Koenen (in diesem Band) kann u. a. Aufschluss darüber geben, welcher Art die Aufgaben mit hohem fachmethodischen Potential sind und welchen Anteil sie an den insgesamt in einer Stunde bzw. Phase gestellten Aufgaben haben. Beide Zugänge können dazu beitragen, ein holistischeres Bild von Unterricht zu und mit NDAW zu gewinnen und so z. B. Ansatzpunkte für die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften abzuleiten.

## Literatur

- Börlin, J. & Labudde, P. (2014). Practical work in physics instruction. An opportunity to learn? In H. E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann & J. Viiri (Hrsg.), *Quality of Instruction in Physics. Comparing Finland, Germany and Switzerland* (S. 111–127). Münster: Waxmann.
- Duit, R. (2005). Wie Physikunterricht in der Praxis aussieht. *Plus Lucis*, 9–13.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Kalthoff, B., Theyssen, H. & Schreiber, N. (2018). Explicit promotion of experimental skills. And what about the content-related skills? *International Journal of Science Education*. doi: 10.1080/09500693.2018.1477262.
- KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München: Luchterhand.
- Koenen, J. (im Druck). Art der Instruktionen bei Erkenntnisgewinnungsprozessen im Unterricht. In C. Maurer (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*. Regensburg: Universität Regensburg.
- Koenen, J., Heinitz, B., Nehring, A., Petermann, V., Tiemann, R., Upmeyer zu Belzen, A., Vorholzer, A. & Weber, J. (im Druck). Erkenntnisgewinnung im Unterricht – Analyse aus vier Perspektiven. In C. Maurer (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*. Regensburg: Universität Regensburg.
- Lazonder, A. & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning. Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86, 681–718.
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeyer zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22, 77–96.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51–69.
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. & Boone, W. J. (2018). Fostering upper secondary students' ability to engage in practices of scientific investigation: A comparative analysis of an explicit and an implicit instructional approach. *Research in Science Education*. doi: 10.1007/s11165-018-9691-1.
- Weber, J., Tiemann, R. & Upmeyer zu Belzen, A. (im Druck). Erkenntnisgewinnung - Qualität von Lerngelegenheiten. In C. Maurer (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*. Regensburg: Universität Regensburg.
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H. et al. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden - Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4, 29–44.

## Facetten von Kompetenzorientierung auf Stundenebene

### Projekthintergrund

Mit der Einführung nationaler Bildungsstandards wurde die Förderung von prozessorientierten Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht verankert (KMK, 2005). Auch wenn zahlreiche Instrumente zur Erfassung prozessorientierten Kompetenzen entwickelt wurden, stehen bisher verhältnismäßig wenige Instrumente zur Verfügung, um die Förderung prozessorientierter Kompetenzen auf Stundenebene zu erfassen. Vor diesem Hintergrund besteht das Ziel vorliegenden Vorhabens darin, ein Ratingmanual zur Erfassung verschiedener Facetten der Kompetenzorientierung zu entwickeln und zu erproben.

### Fundierung und Definition von kompetenzorientiertem Unterricht

Die acht Facetten, die innerhalb des Ratingmanuals untersucht werden, leiten sich hierbei aus den gängigen Definitionen des Kompetenzbegriffs her. Ausgehend von der Definition von Kompetenzen nach Weinert (2001) und (Blömeke, Gustafsson, & Shavelson, 2015) wird kompetenzorientierter Unterricht in diesem Vorhaben folgendermaßen definiert:

*Kompetenzorientierter Unterricht ist ein auf die kumulative und vernetzte Entwicklung von spezifischen, handlungsorientierten und strategiebasierten Problemlösefähigkeiten ausgerichteter Unterricht, der - ausgehend von einer von fachlich und fachdidaktisch adäquaten Integration von Fachinhalten - transferorientierte Anforderungssituationen schafft, die - auf Grundlage von Feedbackprozessen den aktuellen Stand der Kompetenzentwicklung - reflektiert und reflektierend bearbeitet werden.*

### Facetten kompetenzorientierten Unterrichts

Diese Definition wird im weiteren Projektverlauf anhand von acht Facetten weiter operationalisiert. Die acht Facetten lauten:

- Stundenschwerpunkt auf Entwicklung von prozessbezogenen Kompetenzen
- Eindeutige Schwerpunktsetzung und Fokussierung auf spezifische Teilkompetenzen
- Kompetenzprogression bzw. performanzbasierte Entwicklung prozessbezogener Kompetenz
- Geeignete Aufbereitung und Integration von Fachinhalten für kompetenzorientierte Lernprozesse
- Strukturierte und prozessreflektierende Förderung von Kompetenzen
- Feedback und Rolle des Standes der Kompetenzentwicklung
- Kumulative Förderung von Kompetenzen und vertikale Vernetzung mit anderen Situationen des Kompetenzerwerbs
- Strategiebasiertes Bearbeiten von unbekannten Problemstellungen

### Zielstellungen

Für die Entwicklung des Ratingmanuals, aber auch für die weitere Überarbeitung, ist die Spezifikation von Merkmalen kompetenzorientierten Unterrichts von zentraler Bedeutung. Zur Beobachtung der Facetten auf Stundenebene soll ein möglichst hoch-inferentes Ratingmanual erstellt werden. Zur Validierung des Ratingmanuals, muss zunächst die Objektivität und Reliabilität durch eine Doppelkodierung sichergestellt werden. Auf Basis der ersten Doppelkodierung erfolgt dann eine Überarbeitung des bestehenden Manuals.

Langfristiges Ziel ist hierbei die Beschreibung von Stundenprofilen und die Überprüfung einer prognostischen Validität des Manuals.

### **Methodisches Vorgehen**

Die Entwicklung und Überprüfung des Manuals erfolgt in einem Zusammenspiel von fünf Schritten:

- Konkretisierung eines kompetenzorientierten Unterrichts
- Spezifikation erster Facetten für kompetenzorientiertes Unterrichten
- Formulierung von Rating-Items und eines Scoring-Systems auf Facetten-Ebene
- Ratertrainings, Interrater-Reliabilität, Überarbeitung des Manuals
- Datengestützte Definition von qualitativ-orientierten Levels

Zur Überprüfung der Interrater-Reliabilität wurde das Ratingmanual von zwei unabhängigen Ratern auf sieben Unterrichtsvideos angewandt. Die acht Facetten des kompetenzorientierten Unterrichts werden im Ratingmanual jeweils durch sechs Items abgebildet, wobei eine dichotome Bewertung („trifft zu“/„trifft nicht zu“) möglich ist. Um die verschiedenen Facetten trotz einer dichotomen Skala möglichst präzise abzubilden, werden an einigen Stellen negativ gepolte Items hinzugezogen. Die Gesamtbewertung (Scoring) der Facette erreicht in jedem Fall einen Wert zwischen 0 und 6, sodass die Facetten untereinander vergleichbar bleiben. Das Zustimmung eines positiven Items führt zu einer Wertung von +1, das Ablehnen eines negativen Items ebenfalls. Im umgekehrten Fall führt es zu einer Wertung von +0. Durch das einheitliche Scoring während der Doppelkodierung, konnte nicht nur eine Aussage über die Objektivität und Reliabilität der Items getroffen werden, sondern auch zusätzliche Information zur weiteren Überarbeitung des Ratingmanuals gewonnen werden. Die Objektivität und Reliabilität der Items wurde sowohl auf Item-Ebene, als auch auf Facetten-Ebene mit Hilfe von Cohens Kappa und einer Intra-Klassen-Korrelation (ICC) berechnet und zusätzlich mit der prozentualen Übereinstimmung verglichen. Hierzu wurden die einzelnen Bewertungen der Rater zunächst in 45 Datensätze unterteilt (Item-Ebene) und anschließend in acht Datensätzen zusammengeführt (Facetten-Ebene). Bei einer ICC von unter 0.5 wurden die Items von beiden Ratern besprochen, Unklarheiten beseitigt und erneut unabhängig voneinander Bewertet.

### **Ergebnisse**

Wird das Ergebnis der Doppelkodierung auf Facetten-Ebene (Tab. 1) betrachtet, können mit Hilfe der drei gewählten Koeffizienten Aussagen zur Objektivität und Reliabilität getroffen werden. Die prozentuale Übereinstimmung lässt hierbei jedoch teilweise andere Schlussfolgerungen zu, als Cohens Kappa oder die ICC. Begründet ist dies in der häufig einseitigen Bewertung der Rater. Die Unterrichtsstunden besaßen eine ähnliche Struktur, sodass die einzelnen Rater zwischen unterschiedlichen Stunden weniger Varianz aufwiesen. Beispielsweise wurde in fast keiner der Stunden Feedback beobachtet, sodass die Rater den überwiegenden Anteil der Items mit „trifft nicht zu“ bewerteten. Bei einer starken Ballung der Daten in einem Bereich wird jedoch ein Großteil der absoluten Übereinstimmung als zufällige Übereinstimmung gewertet. Um in einem solchen Fall eine eindeutige Aussage zur Objektivität und Reliabilität treffen zu können, muss der Datensatz durch weitere Unterrichtsstunden erweitert werden, die eine größere Varianz in ihrer Struktur aufweisen. Insgesamt befinden sich die Werte für Cohens Kappa (Objektivität) nach Wirtz & Caspar (2002) in allen Facetten (ausgenommen Facette 6) in einem annehmbaren ( $0.4 < \kappa < 0.6$ ) bis guten ( $0.75 < \kappa$ ) Bereich. Die Werte der ICC (Reliabilität) sind ebenfalls gut und oberhalb des anfangs gesetzten Grenzwertes von 0.5. Für eine präzise Berechnung der Objektivität und Reliabilität auf Ebene der einzelnen Items muss der Datensatz zunächst erweitert werden.

Tabelle 1: Ergebnisse der Doppelkodierung auf Facetten-Ebene.

| Kurzbeschreibung der Facette                    | Prozentuale Übereinstimmung | Cohens Kappa | ICC average, consistency |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------------------|
| 1. Stundenschwerpunkt                           | 81 %                        | 0.60         | 0.75                     |
| 2. Fokussierung auf spezifische Teilkompetenzen | 90 %                        | 0.80         | 0.90                     |
| 3. Kompetenzprogression                         | 86 %                        | 0.44         | 0.65                     |
| 4. Geeignete Aufbereitung von Fachinhalten      | 76 %                        | 0.52         | 0.69                     |
| 5. Prozessreflektierende Förderung              | 81 %                        | 0.51         | 0.69                     |
| 6. Einbezug des Stades der Kompetenzentwicklung | 88 %                        | 0            | 0                        |
| 7. Kumulative Förderung                         | 81 %                        | 0.59         | 0.78                     |
| 8. Transfer- und Problemorientierung            | 81 %                        | 0.48         | 0.66                     |

Beim Vergleich der Scorings zwischen den Stunden ist deutlich geworden, dass die Facetten mit negativ gepolten Items (Stundenschwerpunkt, Auswahl der Fachinhalte, Prozessreflektierender Einsatz und Transferorientierung) im Schnitt eine höhere Wertung erhalten als die Facetten mit ausschließlich positiven Items (siehe Abb. 1). Begründet ist dies im aktuellen Projektstand dadurch, dass die negativ gepolten Items eine Stunde darstellen, die in Bezug zur jeweiligen Facette keinerlei Potential zur Förderung prozessorientierter Kompetenzen aufweist.

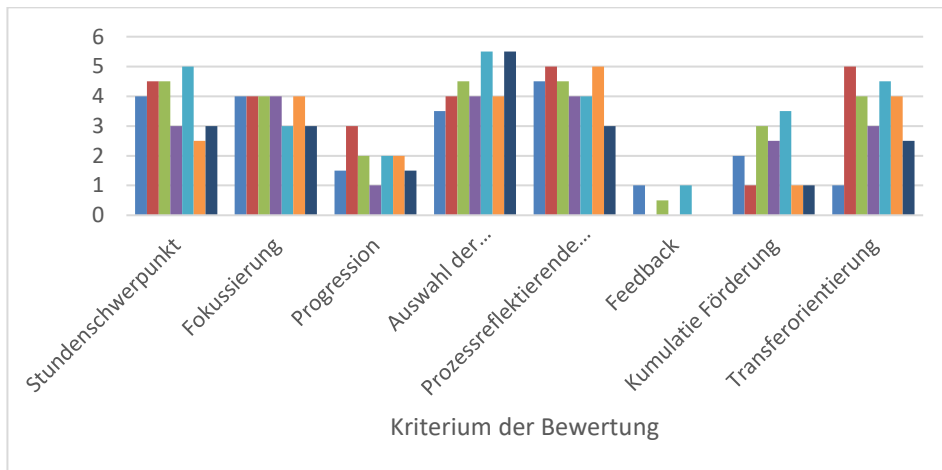


Abbildung 1: Stundenvergleich der Bewertung auf Facetten-Ebene.

### Diskussion und Ausblick

Da die Objektivität und Reliabilität bereits in einem kleineren Maßstab aufgezeigt werden konnte, folgt im nächsten Schritt der Entwicklung des Ratingmanuals die Überprüfung der Validität. Sollten die Items, auf Basis des Scorings, angepasst werden muss die Objektivität und Reliabilität jedoch erneut überprüft werden. Für den weiteren Einsatz des Ratingmanuals ist darüber hinaus die Verknüpfung mit der Analyse der Erkenntnisgewinnung auf Mikro- und Mesoebene von großem Interesse.

Das Projekt wird im Rahmen des Programms „Wege in die Forschung II“ durch die Leibniz Universität Hannover gefördert.

### Literatur

- Blömeke, S., Gustafsson, J. E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift Fur Psychologie / Journal of Psychology*, 223(1), 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>
- Lenski, A. E., Richter, D., Pant, H. A. (2015). Kompetenzorientierung im Unterricht aus der Perspektive von Lehrkräften und Schülerinnen und Schüler. *Zeitschrift für Pädagogik*, 5/15, 712-737.
- Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (2013). Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. *Beschluss der Kultusministerkonferenz* (2011).
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz*. München: Luchterhand.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessung in Schulen* (S. 17–31). Weinheim: Beltz.
- Wirtz, M., Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Göttingen: Hogrefe-Verlag.



## Der Einfluss von Nachkommastellen auf die Hypothesenänderung aufgrund von Daten

### Einleitung

Das Evaluieren von Daten stellt eine Kernkompetenz von Schülerinnen und Schülern (SuS) im naturwissenschaftlichen Unterricht dar (Chinn & Malhotra, 2002). McNeill & Krajcik (2007) haben gezeigt, dass „data literacy“ fundamental für naturwissenschaftliches Argumentieren ist, und viele Länder haben die Evaluation von Daten in ihre Lehrpläne eingebettet. SuS sollen fähig sein, Daten als Evidenz für einen wissenschaftlichen Claim oder eine Hypothese zu nutzen. Dafür müssen SuS in der Lage sein, Daten zu analysieren und interpretieren (Klahr & Dunbar, 1988).

Bezüglich des Umgangs mit Daten von SuS konstatieren Masnick & Morris (2008), dass SuS über ein gutes Verständnis der Konzepte Mittelwert, signifikante Stellen und Anzahl von Messwerten verfügen, komplexere Konzepte wie der Varianz jedoch mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden muss. Das Konzept der Varianz zeigt sich im naturwissenschaftlichen Unterricht besonders anhand von Messwerten in physikalischen Experimenten sowie deren Messunsicherheiten. Jedoch weisen SuS viele Schwierigkeiten im Umgang mit diesen Messunsicherheiten auf (Priemer & Hellwig, 2016). So behaupten z. B. viele SuS, dass bei wiederholtem Messen der Messwert derselbe bleibt und eine „perfekte Messung“ existiert, in der keine Fehler auftreten (Allie, Buffler, Lubben, & Campbell, 2002). Viele SuS betrachten ihre Messergebnisse in der Folge als Einzelfälle und beziehen sich nicht auf das Gesamtbild des Datensatzes (Lubben & Millar, 1996). Wenn die Daten im Gegensatz zu ihrer vorherigen Aussage stehen, ignorieren SuS die Resultate darüber hinaus häufig (Kanari & Millar, 2004; Klahr & Dunbar, 1988).

Hier gibt es ein Spannungsfeld. Einerseits verstehen SuS, dass signifikantere Messwerte zu besseren, genaueren Daten führen. Andererseits treten Messunsicherheiten deutlicher hervor, wenn die Resultate signifikanter werden. Ziel dieser Studie ist deshalb, den Einfluss der Anzahl von Nachkommastellen auf den Hypothesenwechsel zu untersuchen, nachdem SuS Messwerte eines Experiments analysiert haben.

### Methode

In dieser Studie haben 153 Testpersonen der gymnasialen Klassenstufen 8 bis 10 (Durchschnittsalter 14 Jahre) in Berlin teilgenommen. Der Kontext des Experiments war so ausgewählt, dass bei den Testpersonen keine Vorkenntnisse anzunehmen waren. Die Testpersonen wurden durch ein Video auf das Experiment vorbereitet (4 Minuten), in dem der Aufbau und die Methode schriftlich und mit einer Skizze erklärt werden (vgl. Abb. 1). Diese Information war zudem auf dem ausgeteilten Fragebogen jederzeit zugänglich.

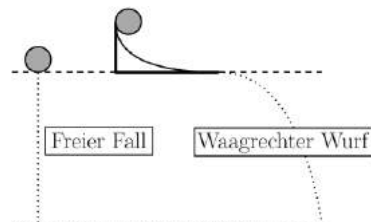


Abb. 1: Skizze des experimentellen Aufbaus.

Im vorggeführten Experiment wird ein Gegenstand im freien Fall fallen gelassen, wobei die Zeit gemessen wird. Anschließend wird der gleiche Gegenstand von der gleichen Höhe mit einer horizontalen Geschwindigkeit – waagerechter Wurf – fallen gelassen, auch hier wird die Zeit gemessen. Die Testpersonen wurden zuvor gefragt, welcher Gegenstand die längste Fallzeit haben wird. Nach dieser Frage wurden die Testpersonen zufällig in eine von drei Gruppen eingeteilt, wobei sich die Gruppen in der Anzahl der Nachkommastellen der jeweiligen Fallzeiten unterschieden. Gruppe A erhielt die Daten mit zwei, Gruppe B mit drei und Gruppe C mit vier Nachkommastellen. Tabelle 1 zeigt die Messwerte der Fallzeiten (in Sekunden) des Freien Falls und des waagrechten Wurfs für Gruppen A, B, und C:

| Freier Fall |       |        | Waagerechter Wurf |       |        |
|-------------|-------|--------|-------------------|-------|--------|
| A           | B     | C      | A                 | B     | C      |
| 0,53        | 0,535 | 0,5351 | 0,53              | 0,535 | 0,5350 |
| 0,53        | 0,535 | 0,5353 | 0,53              | 0,535 | 0,5352 |
| 0,53        | 0,535 | 0,5355 | 0,53              | 0,534 | 0,5347 |
| 0,53        | 0,534 | 0,5347 | 0,53              | 0,535 | 0,5354 |
| 0,54        | 0,534 | 0,5349 | 0,53              | 0,535 | 0,5351 |
| 0,53        | 0,534 | 0,5348 | 0,53              | 0,535 | 0,5352 |

*Tabelle 1: Die Fallzeiten (in Sekunden) des freien Falls und des waagrechten Wurfs für Gruppen A, B, und C.*

Anschließend wurden die Testpersonen befragt, wie sie die Daten bewerten würden. Die Multiple-Choice-Optionen hierbei sind: 1 = die Summe der Messreihen vergleichen, 2 = die Durchschnitte vergleichen, 3 = den Median vergleichen, 4 = die Daten Schritt für Schritt paarweise vergleichen, 5 = den Modus vergleichen, 6 = die Messreihen auf Unterschiede prüfen, 7 = die Differenzen von Paaren miteinander vergleichen, oder 8 = keine der genannten Möglichkeiten. Im weiteren Verlauf wurden die Testpersonen gefragt, was für einen Unterschied sie zwischen den Messreihen sehen: einen deutlichen, einen kleinen, oder keinen Unterschied. Abschließend wurden die Probanden nochmals gefragt, welcher Gegenstand die längste Fallzeit hat und wurden um eine Begründung gebeten. Die Begründungen wurden nach quantitativen Aussagen (numerische Äußerungen wie „0,01 s Unterschied“), qualitativen Aussagen (nicht-numerische Aussagen wie „ein kleiner Unterschied“ oder theoretische Begründung), oder Sonstiges klassifiziert. Die Begründungen sind doppelkodiert und erhalten eine sehr gute Übereinstimmung (Cohens Kappa  $\kappa = .93$ ). Vier Testpersonen sind als „Sonstiges“ kodiert, fünf Testpersonen haben keine Begründung angegeben und wurden deshalb aus der Statistik entfernt.

### Resultate

Tabelle 2 zeigt die prozentuale Verteilung, wie die Testpersonen ihre Hypothese gewechselt haben. Der Unterschied zwischen den Verteilungen der Gruppen ist signifikant,  $\chi^2(8) = 15.55, p < .05$ , mit einem mittelstarken Effekt.

| Kategorie                     | Gruppe     |            |            |
|-------------------------------|------------|------------|------------|
|                               | A (n = 52) | B (n = 52) | C (n = 49) |
| Korrekt → Korrekt (CC)        | 35 %       | 25 %       | 18 %       |
| Falsch → Korrekt (FC)         | 40 %       | 31 %       | 33 %       |
| Korrekt → Falsch (CF)         | 0 %        | 9 %        | 10 %       |
| Falsch → Andere Falsche (FoF) | 13 %       | 27 %       | 16 %       |
| Falsch → Gleiche Falsche (FF) | 12 %       | 8 %        | 23 %       |

*Tabelle 2: Prozentuale Verteilung von Testpersonen über die verschiedenen Hypothesenwechselkategorien.*

Die Anzahl der Testpersonen, die bei einer korrekten Hypothese enden (CC + FC) beträgt 75 % bei Gruppe A und 56 % sowie 51 % für die Gruppen B und C. Auffällig ist der Wechsel der Testpersonen in den Gruppen B und C zu je 10 % von einer richtigen zu einer falschen Hypothese (CF). Diese Ursache konnte nicht in der benutzten Auswertungsstrategie gefunden werden. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen der Strategieverteilung in den Gruppen A, B und C ( $p > .1$ ). Im Durchschnitt geben 76 % der Testpersonen an, dass sie den Mittelwert oder die Summe von Reihen miteinander vergleichen. Weiterhin lässt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Verteilungen, wie die Testpersonen den Unterschied zwischen Datensätzen sehen, feststellen ( $p > .1$ ).

Im Durchschnitt geben 83 % der Testpersonen an, dass sie einen kleinen Unterschied sehen. Bei der qualitativen und quantitativen Begründung der Hypothese gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen den Verteilungen der Gruppen A und B+C (zusammen) mit  $\chi^2(1) = 4.24$ ,  $p < .05$ . In Gruppe A geben 32 % eine quantitative Begründung, in den Gruppen B und C sind es lediglich 17 %. Tabelle 3 zeigt die prozentuale Verteilung qualitativer und quantitativer Begründungen als Funktion verschiedener Hypothesen. Der Unterschied zwischen den Verteilungen ist signifikant mit  $\chi^2(2) = 10.13$ ,  $p < .01$ .

|                      | Quantitativ (n = 32) | Qualitativ (n = 112) |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| Gleich               | 84 %                 | 54 %                 |
| Freier Fall          | 6 %                  | 30 %                 |
| Waagrechtlicher Wurf | 10 %                 | 16 %                 |

*Tabelle 3: Die Prozentualverteilung von qualitativer und quantitativer Begründung und der Hypothese.*

Von den Testpersonen, die eine quantitative Begründung geben, wählen 84 % die richtige Hypothese, nachdem sie die Datensätze analysiert haben. Die Testpersonen hingegen, die eine qualitative Begründung angeben, wählen zu 54 % die richtige Hypothese.

### **Konklusion**

Die Anzahl von Nachkommastellen kann die Hypothesenwahl beeinflussen. In Gruppe A – zwei Nachkommastellen – enden 75 % bei der richtigen Hypothese, in den Gruppen B und C – drei bzw. vier Nachkommastellen – sind es nur jeweils 56 % und 51 %. Darüber hinaus wechseln 10 % der Testpersonen in den Gruppen B und C von einer richtigen zu einer falschen Hypothese. Obwohl 76 % der Testpersonen angeben, den Mittelwert oder die Summe von Reihen zu vergleichen, sind sie nicht in der Lage diesen Unterschied im vorliegenden Versuch richtig einzuschätzen. Das Zeigen von Messwerten mit mehr Nachkommastellen führt weiterhin dazu, dass Testpersonen weniger quantitative Begründungen geben. Testpersonen mit einer quantitativen Begründung wählen aber häufiger die richtige Hypothese.

Wie können wir nun SuS bei Aufgaben helfen, in denen Datensätze miteinander verglichen werden müssen? Das Reduzieren von Nachkommastellen erscheint auf Grundlage unserer Ergebnisse als eine Option, dies halten wir im Sinne einer Förderung des Umgangs mit Daten nicht für richtig. Unsere Ergebnisse weisen jedoch ebenso darauf hin, dass es sinnvoll erscheint, Varianz und Messunsicherheiten expliziter im naturwissenschaftlichen Unterricht zu adressieren, sofern man den Umgang mit Daten bei SuS fördern möchte. Resultate beim Experimentieren sollten nicht nur aus einem (Mittel)Wert bestehen, sondern auch aus einer Art Konfidenzintervall. Hiermit bekommen SuS ein quantitatives Hilfsmittel, womit sie den Unterschied zwischen zwei Mittelwerten einschätzen können. Wir vermuten, dass dieses Intervall SuS in die Lage versetzt, unabhängig von der Anzahl der Nachkommastellen quantitative Begründungen anzustellen und so bessere Aussagen in Hinblick auf die Güte von Daten zu treffen.

### Literatur

- Allie, S., Buffler, A., Lubben, F., & Campbell, B. (2002). Point and Set Paradigms in Students' Handling of Experimental Measurements. In H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräber, M. Komorek, A. Kross, & P. Reiska (Eds.), *Research in Science Education - Past, Present, and Future* (pp. 331–336). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. [https://doi.org/10.1007/0-306-47639-8\\_47](https://doi.org/10.1007/0-306-47639-8_47)
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education*, 86(2), 175–218. <https://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Kanari, Z., & Millar, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 748–769. <https://doi.org/10.1002/tea.20020>
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1–48. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90007-9](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90007-9)
- Lubben, F., & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955–968. <https://doi.org/10.1080/0950069960180807>
- Masnick, A. M., & Morris, B. J. (2008). Investigating the Development of Data Evaluation: The Role of Data Characteristics. *Child Development*, 79(4), 1032–1048. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2008.01174.x>
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In M. Lovett & P. Shah (Eds.), *Thinking with Data* (pp. 233–267). Psychology Press.
- Priemer, B., & Hellwig, J. (2016). Learning About Measurement Uncertainties in Secondary Education: A Model of the Subject Matter. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(1), 45–68. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9768-0>

## **Begabtenförderung in naturwissenschaftlichem Kontext**

### **Motivation und Zielsetzung der Studie:**

Die „Notwendigkeit, die Förderung von leistungsstarken und potenziell leistungsfähigen Schülerinnen und Schülern zu verbessern.“, wurde 2015 von der KMK in deren Förderstrategie mit dem Ziel „Möglichkeiten für eine Optimierung der Lernbedingungen (...) aufzuzeigen durch Maßnahmen, die den spezifischen Anforderungen dieser Gruppe (...) gerecht werden.“ (KMK, 2015, S. 3) festgeschrieben. Mit der neuen Initiative „Leistung macht Schule“ des BMBF wird dies nochmals unterstrichen: „Gute Bildungspolitik muss Chancengerechtigkeit für alle gewährleisten. Das gilt auch für besonders leistungsstarke Kinder und Jugendliche und solche, die potenziell besonders leistungsfähig sind“ (BMBF, 2018). Dabei geht es hier zuvorderst darum, „eine leistungsfördernde Schulkultur“ entstehen zu lassen, welche „sich positiv auf die Unterrichtsqualität, die Motivation der Lehrkräfte und der Schülerinnen und Schüler auswirken.“ (ebd.).

Bringt man diese Forderungen mit einem dynamischen Begabungsverständnis zusammen, wird deutlich, dass gerade die Motivation ein besonderer Faktor zur gelingenden Entwicklung von angelegter Begabung hin zu ausgeprägtem Talent und somit einen der Aspekte darstellt, welcher hinsichtlich einer persönlichkeitsorientierten Begabungsförderung unbedingt beachtet werden muss.

Diesem motivationalen Fokus entspricht das von Lehwald als Basismotiv produktiver Lerntätigkeiten definierte Erkenntnisstreben (Lehwald 2017, S.19), welches in naturwissenschaftlichen Lernprozessen prinzipiell angesprochen wird. Die hier vorgestellte Studie zielt auf eben dieses Erkenntnisstreben ab, in dem sie auf interaktionistischer Ebene die Verhaltensweisen von Lehrpersonen und begabten Kindern innerhalb naturwissenschaftlicher Lernkontexte untersucht und herausarbeitet, wie eine Unterstützung des Motivs Erkenntnisstreben erreicht werden kann.

### **Theoretischer Hintergrund:**

In den derzeitigen dynamischen Begabungsmodellen, wird Begabung als eine bereits angelegte Disposition verstanden, die durch verschiedenste Faktoren auf unterschiedlichen Ebenen in ihrer Entwicklung beeinflusst wird. Ein solcher Faktor ist die Motivation, welcher in den Modellen von Gagné oder Mönks (vgl. Feger & Perleth, 1998) eine Wirksamkeit auf die Begabungsdynamik zugeschrieben wird. In dem Münchner Hochbegabungsmodell (Heller, 2007) wird neben weiteren Motivation als sogenanntes nichtkognitives Persönlichkeitsmerkmal aufgeführt, welches seinen Einfluss über die Begabungsfaktoren und Leistungsbereiche auf die Begabungsentwicklung entfaltet.

Um dieses Persönlichkeitsmerkmal zu beschreiben und in der Diagnose abzutesten, greift die Münchner Hochbegabungstestbatterie seit 2007 auf den weiterentwickelten „Fragebogen Erkenntnisstreben“ (FES) von Lehwald (ursprünglich 1981) zurück. Nach Lehwald ist dieses Erkenntnisstreben der motivationale Faktor, der neben dem Faktor der kognitiven Fähigkeit, das kognitive Selbstständigkeitsstreben bestimmt (vgl. Lehwald, 1981 (2), 1985, 2009, 2017, Lehwald & Paternostro, 2010). Das kognitive Selbstständigkeitsstreben stellt eine aktive Auseinandersetzung einer Person mit ihrer Umwelt dar, um ihre geistige Selbstständigkeit aufzubauen. Diese geistige Selbstständigkeit ist Erkenntniselbstständigkeit, die als eine von vielen Aspekten der Selbstständigkeit definiert ist (Lehwald, 1981 (1)). Das Erkenntnisstreben als motivationaler Faktor wird von Lehwald als „eine Form der

(habituellen) Motiviertheit“ (Lehwald, 1985, S. 38) beschrieben, wodurch das Erkenntnisstreben zu einem Persönlichkeitsmerkmal wird, welches insbesondere bei besonders und hoch begabten Kindern in hohem Maße vorhanden ist und zugleich durch anregende Lernkontexte angesprochen wird.

Eine Unterstützung des Persönlichkeitsmerkmals Erkenntnisstreben ist nach Trautmann (2008) möglich. In seinem Mikadomodell (2003) beschreibt er in Bezug auf Heller Hochbegabung als geistige Disposition, welche mit der Umwelt und dem sich entwickelnden Ich des Kindes die Entwicklung der Persönlichkeitsmerkmale speist. Eine positive Kombination der einzelnen Persönlichkeitsmerkmale (in dem Modell als Mikadostäbe verdeutlicht), die sich innerhalb einer förderlichen Umgebung wiederfindet, führt in diesem Verständnis von einer angelegten Begabung zu einem ausgeprägten Talent in Form einer erbringbaren Leistung. Als Umgebung definiert Trautmann die Familie, die Peers, die Medien und insbesondere die Schule. Neben der Kombinationswirkung dieser Umgebung spricht Trautmann dieser auch die Fähigkeit zu, im Nachhinein förderlich auf die Kombination der Persönlichkeitsmerkmale einzuwirken (vgl. Trautmann, 2008). Dies bedeutet, dass es der Schule und somit Lehrpersonen möglich ist, auf Persönlichkeitsmerkmale einzuwirken und somit auch das Persönlichkeitsmerkmal Erkenntnisstreben zu unterstützen.

Fasst man diese Unterstützung nach Lehwald als situative Interaktion zwischen Lehrperson und Kind auf, welche sich „als gegenseitiger Beeinflussungsprozess“ (Lehwald 1985, S. 19) darstellt, wird dieses durch das Streben nach Erkenntnis als „Basismotiv produktiver Lerntätigkeiten“ (Lehwald, 2017, S.19) in der Wechselwirkung (Transaktion) mit Situationsvariablen (Lehwald 1985, S. 19) für eine Untersuchung erkenn- und analysierbar.

#### **Forschungsfragen:**

Um das Erkennen des Erkenntnisstrebens sowie der Unterstützung durch die Lehrperson zu ermöglichen, müssen zunächst konkrete Verhaltensweisen operationalisiert werden. Dazu werden die folgenden beiden Fragen nacheinander bearbeitet: 1) In welchen Äußerungen bzw. Aktionen zeigt sich das Streben der Kinder nach Erkenntnis? 2) In welchen der in 1) gefundenen Fälle sind reaktive Verhaltensweisen erkennbar und wie sehen diese aus? Um die Wirksamkeit dieser reaktiven Verhaltensweisen beurteilen zu können, muss im Anschluss die Frage 3) Welche Reaktionen des Kindes auf die reaktiven Verhaltensweisen der Lehrperson können beobachtet werden? beantwortet werden. Aus diesen Interaktionsabläufen kann dann abgeleitet werden, welches Verhalten der Lehrperson das Erkenntnisstreben begabter Kinder in naturwissenschaftlichen Kontexten unterstützt.

#### **Forschungsdesign und -methodik:**

In der durchgeführten qualitativen Videostudie (vgl. dazu Jewitt, C. (2012). Seidel, T., Dalehefte, I. M., Meyer, L. (2005)) wurden vier unterschiedliche naturwissenschaftliche Lernangebote von vier verschiedenen Lehrpersonen mit insgesamt 28 begabten Kindern an einer Mannheimer Akademie wiederholt videografiert. Die 18 Stunden Videomaterial wurden im Anschluss in einem zweistufigen Verfahren analysiert. Das Design der Studie wurde an Saldañas (2009) Schema einer qualitativen Studie angelehnt. Auf der ersten Stufe wurde das Datenmaterial nach den erkennbaren Strebenssituationen gefiltert. Dazu wurden aus den Items des Fragebogen Erkenntnisstreben (FES) deduktiv Codes zur Videobetrachtung entwickelt und in einem kategoriengeleiteten Event-Sampling-Verfahren angewendet. Drei Coder sequenzierten und codierten das videografierte Datenmaterial in Echtzeit (vgl. Niedderer et al., 1998, Fischer & Neumann, 2012). Anhand einer argumentativen Validierung (Terhart, 1981) wurden die Codierungen konsensbasiert bestätigt. Im Anschluss daran wurden jene Strebenssituationen herausgestellt, bei welchen sowohl ein anschließendes reaktives Verhalten der Lehrperson als auch eine Reaktion der

strebenden Kinder zu beobachten war. Die reaktiven Verhaltensweisen und auch die Reaktionen wurden induktiv operationalisiert und durch zwei Coder über Cohen's Kappa validiert. Die einzelnen Reaktionen der strebenden Kinder wurden dann den Reaktionsvarianten *Strebensfortführung*, *Weiterarbeit* oder *Abbruch* zugeordnet. Diese Zuordnung ermöglichte eine rekursive Bewertung der reaktiven Verhaltensweisen bezüglich einer Einteilung in die Varianten: *unterstützend* bei einer erkannten *Strebensfortführung*, *hemmend, jedoch mit Anschluss* bei einer beobachtbaren *Weiterarbeit* und *hemmend* bei einem sich anschließenden *Abbruch* der Arbeit.

#### Stand der Studie:

Aus den gefundenen 203 Interaktionsabfolgen ließen sich über 50 Verhaltensweisen operationalisieren, die ein Streben der Kinder nach Erkenntnis und Selbstständigkeit beschreiben. Unter naturwissenschaftsdidaktischem Fokus lassen sich hier insbesondere die folgenden Strebensmuster anführen:

- Beobachtungen, Erklärungen und Vermutungen äußern,
- Fragen stellen,
- Experimentierideen und- Versuchsvariationen einbringen und umsetzen,
- eigenständig Phänomene und Sachverhalte untersuchen.

Ebenso konnten über 40 reaktive Verhaltensweisen der Lehrpersonen:

- Beobachtungen, Erklärungen und Vermutungen bestätigen bzw. verneinen oder korrigieren.
- Fragen beantworten oder mit einer Rückfrage erweitern bzw. vertiefen.
- Experimentierideen und Versuchsvariationen annehmen und zulassen.
- eigenständiges Untersuchen einerseits mittragen und andererseits verbieten

und 40 Reaktionen der Kinder auf dieses reaktive Verhalten festgehalten werden. Diese Reaktionen decken sich mit den Strebensmustern oben beziehungsweise weisen Muster auf, die eine reine Weiterarbeit oder gar einen Abbruch darstellen.

Die Interaktionen wurden anschließend in Ablaufdiagrammen ausgehend von einem Strebensmuster und unter Berücksichtigung sämtlicher reaktiver Verhaltensweisen der Lehrpersonen und Reaktionen der Kinder (siehe beispielhaft Abb. 1) zusammengestellt.

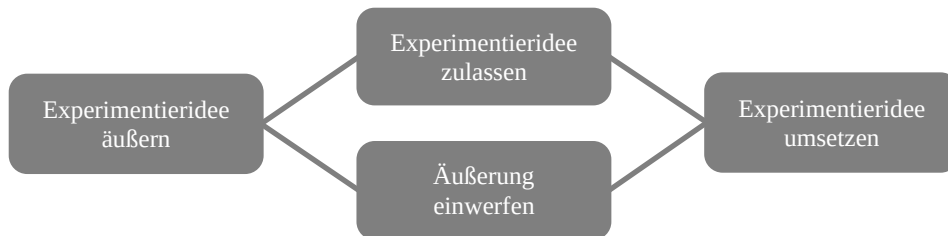


Abb. 1: Ablaufdiagramm des Strebensmusters "Experimentieridee äußern"

Der derzeitige Stand der Auswertung dieser Ablaufdiagramme legt nahe, dass eben jene reaktiven Verhaltensweisen der Lehrperson ein Selbstständigkeits- und Erkenntnisstreben innerhalb der Interaktionen mit begabten Kindern unterstützen, die sich einerseits an einem forschend-entdeckenden Unterrichtsverständnis ausrichten, wie dies Labudde 2014 in Bezug auf Höttecke für die Förderung begabter Kinder in den Naturwissenschaften darstellt. Andererseits zeigten Verhaltensweisen der Lehrpersonen unterstützende Wirkung, die einer Autonomieförderung hinsichtlich freier Aufgaben-, Sozial- und Zeitwahl folgen, wie diese im TARGET-Modell für Hochbegabte (vgl. Clinkenbeard, 2012) angeführt wird.

## Literatur

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2018): Leistung macht Schule. <https://www.bmbf.de/de/leistung-macht-schule-3641.html>
- Clinkenbeard, P. R. (2012): Motivation and gifted students: Implications of theory and research. In: *Psychology in the Schools*. Vol. 49(7). URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pits.21628/epdf>
- Dinkelaker J. & Herrle, M. (2009). Erziehungswissenschaftliche Videografie Eine Einführung. Reihe: Qualitative Sozialforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Feger, B. & Prado, T. M. (1998). Hochbegabung: die normalste Sache der Welt. Darmstadt: Primus Verlag
- Fischer, H. E., Neumann, K. (2012). Video Analysis As A Tool For Understanding Science Instruction. In: Jorde, D., Dillon, J. (Hrsg.). *Science Education Research and Practice in Europe Retrospective and Prospective*. Rotterdam. Sense Publishers, S. 115-140  
Volume 5 of the series Cultural Perspectives in Science Education pp 115-139
- Heller, K. A. (2001). Hochbegabung im Kindes- und Jugendalter. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Göttingen: Hogrefe
- Jewitt, C. (2012). An Introduction to Using Video for Research. NCRM Working Paper. NCRM. (unveröffentlicht). [http://eprints.ncrm.ac.uk/2259/4/NCRM\\_workingpaper\\_0312.pdf](http://eprints.ncrm.ac.uk/2259/4/NCRM_workingpaper_0312.pdf)
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2015). Förderstrategie für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 11.06.2015). [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/350-KMK-TOP-011-Fu-Leistungsstarke\\_-neu.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/350-KMK-TOP-011-Fu-Leistungsstarke_-neu.pdf)
- Labudde, P. (2014): Fachdidaktik Naturwissenschaften. In: iPEGE – International Panel of Experts for Gifted Education (Hrsg.): *Professionelle Begabtenförderung - Fachdidaktik und Begabtenförderung*. Salzburg: Eigenverlag: Österreichisches Zentrum für Begabtenförderung und Begabungsforschung (ÖZBF), S. 217-230
- Lehwald, G. (1981) (1). Verfahren zur Untersuchung der Selbstständigkeit bei Leistungsanforderungen – Skala „schöpferische Tätigkeiten“ (SST). In: Guthke, Witzlack (Hrsg.) *Zur Psychodiagnostik von Persönlichkeitsqualitäten bei Schülern*. Beiträge zur Psychologie, Band 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 323 - 344
- Lehwald, G. (1981) (2). Verfahren zur Untersuchung des Erkenntnisstrebens. In: Guthke, Witzlack (Hrsg.) *Zur Psychodiagnostik von Persönlichkeitsqualitäten bei Schülern*. Beiträge zur Psychologie, Band 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 345 - 427
- Lehwald, G. (1985). *Zur Diagnostik des Erkenntnisstrebens bei Schülern*. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag.
- Lehwald, G. (2009). Beiträge zur Motivationsdiagnostik und Motivförderung in der Schule (5.–12. Schulstufe). özbF-Handreichungen zur Differenzierung von Lern-, Trainings- und Motivierungsprozessen (Heft 2). [http://www.oebf.at/cms/tl\\_files/Publikationen/Veroeffentlichungen/lehwald\\_2\\_small.pdf](http://www.oebf.at/cms/tl_files/Publikationen/Veroeffentlichungen/lehwald_2_small.pdf). 26. Juni 2015
- Lehwald, G. (2017). *Motivation trifft Begabung. Begabte Kinder und Jugendliche verstehen und gezielt fördern*. Bern: Hogrefe Verlag
- Lehwald, G., Paternostro, M. (2010). Beiträge zur Motivationsdiagnostik bei Volksschulkindern. ÖZBF Handreichung zur Differenzierung von Lern-, Trainings- und Motivierungsprozessen (Heft 3). [http://www.oebf.at/cms/tl\\_files/Publikationen/Veroeffentlichungen/Lehwaldheft\\_3\\_kleiner.pdf](http://www.oebf.at/cms/tl_files/Publikationen/Veroeffentlichungen/Lehwaldheft_3_kleiner.pdf). 26. Juni 2015
- Niedderer, H., Tiberghien, A., Buty, C., Haller, K., Hucke, L., Sander, F., ... Welzel, M. (1998). Category Based Analysis of Videotapes from Labwork (CBAV) - Method and Results from Four Case-Studies; Targeted Socio-Economic Research Programme. Project PL 95-2005 Labwork in Science Education. <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1998-WP9.pdf>.
- Saldaña, J. (2009). *The Coding Manual for Qualitative Researchers*. 3. Edition. London: SAGE Publications Ltd
- Seidel, T., Dalehefte, I. M., Meyer, L. (2005). „Das ist mir in der Stunde gar nicht aufgefallen...“ – Szenarien zur Analyse von Unterrichtsaufzeichnungen. In: Welzel, M., Stadler, H. (Hrsg.) „Nimm doch mal die Kamera!“ *Zur Nutzung von Videos in der Lehrerbildung – Beispiele und Empfehlungen aus den Naturwissenschaften*. Münster: Waxmann, 133 - 154
- Trautmann, T. (2008). Hochbegabt - was n(t)un? Hilfen und Überlegungen zum Umgang mit Kindern. Reihe: Hochbegabte, Bd. 6. 2. Auflage. Berlin: LIT Verlag
- Terhart, E. (1981): Intuition – Interpretation – Argumentation. Zum Problem der Geltungsbegründung von Interpretationen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 27, S 769-791



### **Untersuchungen zum divergenten Denken in formalen und außerschulischen Lernorten**

Kreativität spielt heutzutage in vielen Bereichen eine wichtige Rolle. Diese Bedeutung kommt nicht nur in so genannten kreativen Fächern wie Musik und Kunst zum Tragen, sondern auch in Naturwissenschaften und Technik; Bereiche, welche eine Gesellschaft in einer immer komplexer werdenden Welt voranbringen und für unsere heutige Gesellschaft wichtiger sind als zuvor (Runco, 2004). Kreativität bezieht sich auf die Fähigkeit, neue Ideen und Lösungen zu entwickeln und diese auf eine einzigartige Weise auszudrücken (Abraham, 2015). Kreative Fähigkeiten wie die Problemsensitivität und die Problemfindung sind notwendig, um Lösungen für politische, wirtschaftliche und soziale Herausforderungen zu finden sowie mit der Entwicklung neuer Technologien in der heutigen, schnelllebigen Zeit anpassungsfähig und flexibel zu bleiben.

Richtungsweisend sind häufig die Naturwissenschaften und dadurch auch die Chemie. Jedoch wird Kreativität selten im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt, sodass Jugendliche ihre entsprechenden kreativen Fähigkeiten nur wenig weiterentwickeln können. Der klassische Chemieunterricht, in dem Lehrkräfte strenge Rahmenbedingungen für sämtliche Unterrichtsphasen und damit insbesondere für den Erkenntnisweg festlegen, hemmt kreative und innovative Prozesse (Gärtner, 2001). Dabei wird den Schülerinnen und Schülern oft bereits ein stringenter Lösungsweg von der Lehrkraft vorgegeben, der z.B. während der Experimentierphase erarbeitet werden soll. Das führt dazu, dass Experimente im klassischen Chemieunterricht rezeptartig durchgeführt werden. Den Jugendlichen wird dadurch aber kein Spielraum gegeben, ihren eigenen Ideen kreativ im Unterricht nachzugehen (Starko, 2010). Freie Arbeitsphasen, in denen die Schülerinnen und Schüler selbst Problemstellungen entwickeln können, lassen sich ebenfalls selten im Chemieunterricht finden, wodurch ein wichtiger Aspekt des Problemlösens gar nicht adressiert werden kann.

Anders als der formale Lernort Schule ermöglichen außerschulische Lernorte durch entsprechende Angebote die Möglichkeit, dass Schülerinnen und Schüler in ihren Nachmittagsstunden mit Unterstützung, aber dennoch selbstständig an ihren Projekten arbeiten können. Der Lösungsweg ist nicht vorgegeben und kann von den Jugendlichen selbst gestaltet werden. Dabei gibt es oft nicht nur einen Lösungsweg, sondern mehrere. Es muss in die Breite, divergent, gedacht werden. Dieses divergente Denken ist ein wichtiger Aspekt von Kreativität, der gerade in den Naturwissenschaften eine besondere Bedeutung hat.

#### **Theoretischer Hintergrund und Forschungsfragen**

Guilford legte den Grundstein der modernen Kreativitätsforschung und prägte als erster den Begriff des divergenten Denkens. Er beschrieb divergentes Denken als eine der wichtigsten Aspekte kreativen Denkens und konzentrierte sich auf das divergente Denken als Grundlage von Kreativität (Guilford & Hoepfner, 1976; Sternberg, 2006). Dabei wird, anders als beim konvergenten Denken, in viele verschiedene Richtungen gedacht, um mit vorhandenen Informationen bzw. dem eigenen Wissen aus den verschiedensten Bereichen Problemlösungen zu entwickeln (Guilford, 1971).

Das divergente Denken im naturwissenschaftlichen Unterricht oder aber in außerschulischen Lernorten wie den Schülerforschungszentren wurde bislang kaum in Studien der Physik- und Chemiedidaktik untersucht. Diese Forschungslücke soll mit Hilfe der drei Forschungsfragen geschlossen werden:

- Wie entwickelt ist das divergente Denken von Jugend forscht Teilnehmenden und Jugendlichen, die Schülerforschungszentren (SFZ) besuchen, im Vergleich mit anderen Schülerinnen und Schülern?
- Wie unterscheidet sich das divergente Denken von Jugend forscht Teilnehmenden in den verschiedenen Wettbewerbsstufen (Landes- & Bundeswettbewerb)?
- Verändert sich das divergente Denken während der freien Arbeit in Schülerforschungszentren?

Dabei wurde in einer ersten, hier vorgestellten Studie wurde das divergente Denken von Jugend forscht Teilnehmenden (n = 101) sowohl im Landes- als auch im Bundeswettbewerb erhoben. Jugend forscht Teilnehmende zeichnen sich dadurch aus, dass sie bereits erfolgreich in ihrer Freizeit an ihren Forschungsprojekten gearbeitet haben, mit denen sie sich für die Jugend forscht e.V. Wettbewerbe qualifiziert haben. Während der Arbeit an ihrem Projekt mussten die Teilnehmenden mehrere verschiedene Lösungsideen entwickeln, somit verstärkt divergent Denken, um ihre Forschungsfrage empirisch beantworten zu können. In einer zweiten Studie wird die Entwicklung divergenten Denkens durch die Arbeit in Schülerforschungszentren genauer untersucht. In Schülerforschungszentren haben Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, außerhalb des Unterrichts an ihren Projekten zu arbeiten und die dafür nötigen Experimente vor Ort durchzuführen. Schließlich sollen diese Daten mit denen einer Kontrollgruppe zusammengeführt werden; dafür werden Schülerinnen und Schüler befragt, die weder an Jugend forscht teilnehmen noch Schülerforschungszentren besuchen.

Die Daten der ersten Studie wurden Anfang 2018 auf den Landeswettbewerben von *Jugend forscht* und *Schüler experimentieren* in vier Bundesländern (Hamburg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein) sowie auf dem Bundeswettbewerb von *Jugend forscht* erhoben. Für die jüngeren Teilnehmenden der *Schüler experimentieren* Wettbewerbe gibt es keinen Bundeswettbewerb, weshalb diese Wettbewerbsform mit dem Landeswettbewerb endet.

### **Aufbau des Fragebogens**

Für die Beantwortung der drei oben vorgestellten Forschungsfragen wurden Fragebögen aus der Studie von Runco und Okuda (1988) genutzt. In ihrer Studie nutzten sie den Fragebogen zum divergenten Denken von Wallach und Kogan (1968) sowie den Fragebogen zur Problementdeckung von Wakefield (1985). Der Fragebogen zum divergenten Denken nach Wallach und Kogan (1968) beinhaltet drei Items, in denen verschiedene Probleme zu den folgenden Bereichen präsentiert werden: Beispiele (bspw. „Nennen Sie möglichst viele Gegenstände, die rund sind.“), alternative Verwendungsmöglichkeiten (bspw. „Nennen Sie unterschiedliche Möglichkeiten, eine Zeitung zu nutzen.“) und Übereinstimmungen (bspw. „Nennen Sie Merkmale, in denen eine Katze und eine Maus übereinstimmen.“). Zu jeder dieser Kategorien müssen die Teilnehmenden im Fragebogen zur Problementdeckung nach Wakefield (1985) selbstständig eine Aufgabe entwickeln und diese anschließend beantworten („Überlege dir ein Merkmal von Gegenständen und nenne danach Beispiele dafür“, „Wähle einen Gegenstand und nenne danach alternative Verwendungsmöglichkeiten.“, „Überlege dir zwei Gegenstände und nenne danach die Aspekte, in denen die beiden Gegenstände übereinstimmen.“). Die Fragebögen wurden mit Hilfe der drei Kriterien Flüssigkeit (Anzahl der genannten Ideen), Flexibilität (Anzahl der Kategorien, aus denen die Ideen stammen) und Originalität (Seltenheit der Ideen) ausgewertet (Runco, 1985). Bei den Aufgaben der präsentierten und selbstgewählten Probleme wurde zur Bewertung der Flüssigkeit, wie bei Runco und Okuda (1988) beschrieben, die Anzahl der verschiedenen Ideen gezählt. Jede der Antworten wurde einer Kategorie zugeordnet (Torrance, 1966). Falls keine Auswahl zu den Antwortkategorien von Runco und Okuda passte, wurde eine neue Kategorie erstellt. Die neue

Liste wurde im Rahmen einer Expertengruppe von fünf Personen validiert. Die Originalität der Antworten wurde nach Runco und Albert (1985) ausgewertet. Dafür wurde für jedes Item eine Liste aller Antworten erstellt, die von den Jugendlichen genannt wurde. Anschließend wurde berechnet, wie oft die jeweilige Antwort gegeben wurde und entsprechend Punkte für das Ergebnis vergeben. Eine einmalige genannte Antwort wurde mit drei Punkten bewertet, eine doppelt genannte Antwort mit zwei Punkten und einen Punkt erhielten drei Teilnehmende, die die gleiche Antwort gegeben hatten. Alle anderen Antworten erhielten keinen Punkt. In der Kategorie der selbstgewählten Probleme wurde die Originalität nicht gemessen, da der Vergleich durch die freie und unterschiedliche Aufgabenstellung nicht möglich ist.

### **Ergebnisse zum divergenten Denken von Teilnehmenden beim Bundeswettbewerb Jugend forscht e.V.**

Auf dem Bundeswettbewerb von Jugend forscht e.V. 2018 in Darmstadt haben sechs weibliche und 17 männliche Jugendliche an der Befragung teilgenommen. Die insgesamt 23 Teilnehmenden sind zwischen 15 und 21 Jahre alt. Die Daten zum divergenten Denken wurden in Zusammenhang mit dem Geschlecht, dem akademischen Hintergrund der Eltern und dem Alter, wie im Abschnitt zum Aufbau des Fragebogens beschrieben, ausgewertet. Dazu wurden U-Tests durchgeführt, die auch bei kleinen Stichproben valide Ergebnisse liefern.

Die Auswertung zeigt, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Originalität ( $U = 11,5$ ;  $Z = -2,77$ ;  $p = 0,006$ ;  $r = 0,58$ ) sowie der Flüssigkeit ( $U = 8,5$ ;  $Z = -2,979$ ;  $p = 0,003$ ;  $r = 0,62$ ) und dem Geschlecht bei der Aufgabe, Gegenstände zu nennen, die ein gemeinsames Merkmal haben; beide Effekte sind stark. Bei der Aufgabe der selbstgewählten Probleme und der Flüssigkeit ist eine tendenzielle Abhängigkeit vom Geschlecht vorhanden ( $U = 25,5$ ;  $Z = -1,788$ ;  $p = 0,074$ ); hier liegt ein mittlerer Effekt vor ( $r = 0,37$ ). Mädchen zeigen bei der Aufgabe der präsentierten Probleme (Kategorie *Beispiele*) und den Aufgaben der selbstgewählten Probleme tendenziell bessere Leistungen als Jungen.

Während kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Antwortverhalten und dem akademischen Hintergrund der Eltern gefunden werden konnte, wurde ein starker Zusammenhang zwischen dem Alter der Teilnehmenden und dem Problem der alternativen Verwendungsmöglichkeiten im Hinblick auf Originalität ( $U = 33,0$ ;  $Z = -1,987$ ;  $p = 0,47$ ;  $r = 0,42$ ) und Flüssigkeit ( $U = 33,5$ ;  $Z = -1,959$ ;  $p = 0,5$ ;  $r = 0,41$ ) gefunden.

### **Diskussion und Ausblick**

Die ersten Ergebnisse zum divergenten Denken von Teilnehmenden am Bundeswettbewerb Jugend forscht e.V. 2018 zeigen, dass Mädchen bei der Aufgabe der präsentierten Probleme zu der Kategorie Beispiele origineller sind und mehr Antwortmöglichkeiten nennen; sie denken in diesem Bereich divergenter. Da in der Studie von Runco und Okuda (1988) keine Unterschiede in dieser Hinsicht festgestellt wurden stellt sich die Frage, welchen Hintergrund dieser Unterschied hat. Dazu muss untersucht werden, welche Mechanismen bei der Auswahl der Mädchen durch die Lehrkräfte greifen, denn die Lehrkräfte sind die ersten Ansprechpartner, wenn es um die Teilnahme am Jugend forscht Wettbewerb geht. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt könnte dabei auf der Kompetenzzuschreibung der Lehrkraft liegen und der Frage, ob Mädchen im Unterricht möglicherweise mit besonderen Leistungen hervorstechen müssen, um von einer Lehrkraft bei einem Jugend forscht Projekt unterstützt zu werden. Weitere Fragen werden durch den Geschlechterunterschied aufgeworfen, denn neben den Mechanismen innerhalb der Schule und der fördernden Lehrkräfte gilt es auch die Mechanismen innerhalb der Wettbewerbsstruktur zu untersuchen. Dafür sollte den Fragen nachgegangen werden, ob Mädchen divergenter sein müssen, um am Wettbewerb teilzunehmen und ob Erfolg am Jugend forscht e.V. Wettbewerb mit dem divergenten Denken zusammenhängt.

### Literatur

- Abraham, A. (2015). Gender and creativity: an overview of psychological and neuroscientific literature. *Brain Imaging and Behavior*. Vol. 10, No.2:609-618
- Gärtner, H-J. & Scharf, V. (2001). Chemische "Egg Races" in Theorie und Praxis. 17 Vorschläge zur Gruppenarbeit von Mädchen und Jungen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Studienmaterialien Band 144. Speyer: Boppard & Speyer
- Guilford, J.P. (1959). Three faces of intellect. *American Psychologist*, 14: 469- 479
- Guilford, J.P. (1971). The nature of human intelligence. London: McGraw-Hill
- Guilford, J.P. & Hoepfner, R. (1976). Analyse der Intelligenz. Weinheim und Basel: Beltz Verlag
- Runco, M.A. & Albert, R. (1985). The reliability and validity of educational originality in the divergent thinking of academically gifted and nongifted children. *Educational and Psychological Measurement*. 45: 483-501
- Runco, M. A. (1986b). Divergent thinking and creative performance in gifted and nongifted children. *Educational Psychology Measurement*. 46: 375-384
- Runco, M.A. & Okuda, S.M. (1988). Problem Discovery, Divergent Thinking, and the Creative Process. *Journal of Youth and Adolescence*, Vol.17, No.3:211-220
- Runco (2004). Creativity. *Annual Review of Psychology*. 55:657-87
- Starko, A.J. (2010): *Creativity in the Classroom. Schools of Curious Delight* (4th ed.). New York: Routledge
- Sternberg, R.J. (2006). The Nature of Creativity, *Creativity Research Journal*. 18:1, 87-98
- Torrance, E.P. (1966). Torrance tests of creative thinking: norms-technical manual: verbal tests, forms A and B: figural tests, forms A and B. Torrance tests of creative thinking. Princeton, New Jersey: Personal Press
- Wakefield, J. F. (1985). Towards creativity: Problem finding in a divergent-thinking exercise. *Child Study J.* 15: 265-270
- Wallach, M.A. & Kogan, N. (1965). Modes of Thinking in Young Children. Holt, Rinehart, & Winston, New York

Anneke Steegh<sup>1</sup>  
 Tim Höffler<sup>1</sup>  
 Ilka Parchmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel

## It is 2018 and science is still male in German Science Olympiads

### Theoretical background

Even though the overall male to female ratio in the first round of the German Biology (IBO), Chemistry (ICHO) and Physics (IPhO) Olympiad is exactly 1:1, the gender distribution depends on the subject of the competition. Only 27 percent of the Physics Olympiad participants are female, compared to 47 percent in the Chemistry, and even 67 percent in the Biology Olympiad. Science competitions foster talented young students and aim to motivate them for a science career, which is important for a knowledge-based economy such as Germany. The share of female researchers in the German scientific labour market is comparable with the female ratio in German Science Olympiads (Elsevier Analytical Services, 2015). It is therefore problematic that females are significantly less interested in participating in science activities than males (OECD, 2016). Moreover, even though gender differences in science achievement are not consistent (Martin, Mullis, Foy, & Hooper, 2016; OECD, 2016), females are underrepresented in national selection teams that participate in International Science Olympiads (Lengfelder & Heller, 2002; Verna & Feng, 2002).

Gender-science stereotypes, the belief that males are naturally more talented and interested in science than females (Farrell & McHugh, 2017), are thought to be one of the main negative influences on female participation and achievement in science education and vocation (Miller, Eagly, & Linn, 2015; Nosek et al., 2009), and in science competitions (Cho & Lee, 2002). Stronger gender-science stereotypes have been found to predict poorer science performance in females (Nosek et al., 2009). Furthermore, a negative relationship between gender-science stereotypes and science-related self-concept – which has been found to be positively related to achievement (Jansen, Schroeders, & Lüdtke, 2014) – has also been described in females (Bonnot & Croizet, 2007; Ertl, Luttenberger, & Paechter, 2017).

Eccles' et al. (1983) expectancy-value model of achievement motivation has been frequently used to explain mechanisms behind choices and achievements through the role of self-perceived expectations and values. According to the model, a student's science achievement and achievement-related choices are shaped by, among others, the students' science-related self-concept, topic interest and attainment value, which in turn are influenced by gender-science stereotypes. By understanding the influence of gender-science stereotypes on factors affecting participation and achievement in the Science Olympiads, we could propose specific adjustments to attract male and female participants evenly, thereby promoting both genders to pursue a study and career in the various areas of science.

Thus, we aimed to examine the influence of gender-science stereotypes on factors influencing students' participation and achievement in three major German science competitions in order to explain gender differences among talented students.

### Methods and Materials

In total, 1129 participants of the first selection rounds of the IBO (116 male, 299 female), ICHO (219 male, 226 female) and IPhO (179 male, 90 female) took part in our study.

Participants were asked to take part in our online study after they participated in the first round of the Olympiad, but before they received feedback on their performance. We measured subject-specific self-concept, topic interest, and attainment value. Gender-science associations were measured by means of the Implicit Association Test (IAT) (Greenwald, McGhee, & Schwartz, 1998). Performance scores from the first selection round of each of

the Olympiads, based on written tasks in the specific domains, were obtained from the competitions organisation.

## Results

Participants of the Biology, Chemistry and Physics Olympiads associate science with male attributes. An analysis of variance showed that the endorsement of this gender-science stereotype is strongest among Physics Olympians, and weakest among Biology Olympiad participants. Gender differences in gender-science stereotype endorsement in all three competitions are in favour of males, with a medium effect in the Biology and Chemistry Olympiad and a large effect in the Physics Olympiad.

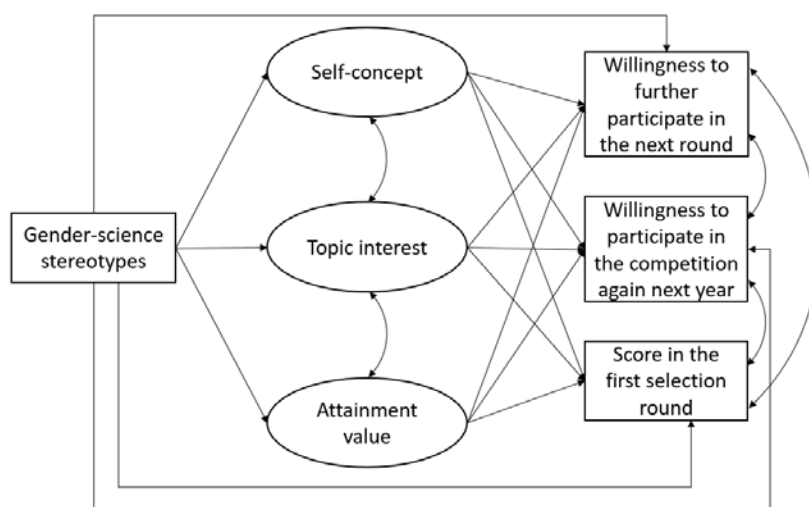


Fig. 1, multi-group structural equation model.  
Covariates: age, grade, previous participation.

In order to examine the influence of gender-science stereotypes on students' participation and achievement we performed multi-group structural equation modelling (see Fig. 1). For this we started by calculating the unmediated associations between gender-science stereotype endorsement and willingness to participate in the next round of the competition, willingness to participate in the competition again next year and competition score for the IBO, IChO and IPhO. Male stereotypical beliefs in the IBO were significantly and positively related to willingness to participate in the next round of the competition or the next annual competition. For females, stereotype endorsement was only positively related to the competition score. In the IChO, no significant relationships were found for males, but for females, gender-science stereotypes were negatively related to willingness to participate in the next round of the competition or the next annual competition. In the IPhO, only non-significant relationships were found for both males and females. We then continued by calculating the model with addition of the mediators self-concept, topic interest and attainment value for the IChO. High correlations between topic interest and attainment value were an indication for multicollinearity. We therefore calculated two models with different mediators: one with just self-concept and topic interest and the other one with self-concept and attainment value.

In the first mediated model (with the mediators self-concept and topic interest) we found a specific indirect effect for females between gender-science stereotypes and willingness to participate in the next competition through topic interest. This indicates that topic interest

mediates the effect of gender-science stereotypes on willingness to participate in the next competition for females.

In the second mediated model (with the mediators self-concept and attainment value) we found specific indirect effects for females between gender-science stereotypes and both willingness to participate in the next round and in the next competition through attainment value. This means that for females, attainment value mediates the effect of gender-science stereotypes on willingness to participate in the next round, and in the next competition.

### **Discussion and implications**

We used the expectancy-value model of achievement motivation by Eccles et al. (1983) to explore the effects of gender-science stereotypes on expectations and values affecting willingness to participate and success in science competitions.

Males in the Biology Olympiad that endorse gender-science stereotypes to a stronger effect also were found to have stronger identification with the Olympiad. Since biology is perceived as communal, which in turn is perceived as female (Boucher, Fuesting, Diekman, & Murphy, 2017; Diekman, Steinberg, Brown, Belanger, & Clark, 2017), males might use gender-science stereotypes to justify their partaking in the competition. Females in the Biology Olympiad on the other hand, might feel a stronger sense of belonging, which makes gender-science stereotypes irrelevant for them in this context.

In the Chemistry Olympiad, female gender-science stereotype endorsement negatively predicts participation in the competition. This relationship could be explained by the Balanced Identity Theory (Greenwald et al., 2002), which states that identification with the Olympiad could interfere with a female gender identity if chemistry is perceived as male. Gender-science stereotypes do not seem to play a major role for males in the Chemistry Olympiad; much as the females in the Biology Olympiad, they might feel like they belong in this competition.

In the Physics Olympiad, male gender-science stereotypes do not predict participation. The field of physics is perceived as male which facilitates male identification with the competition. Unexpectedly, female gender-science stereotype endorsement also does not predict participation. A possible explanation for this could be that only females with weak stereotype endorsement participate in the competition in the first place, which is supported by the finding that males in the Physics Olympiad show significantly stronger endorsement of gender-science stereotypes than females.

Female gender-science stereotype endorsement negatively affects further participation in the IChO. This relationship is mediated by topic interest and attainment value. Practical implications could be tested by performing an intervention study that specifically aims to strengthen topic interest and attainment value in female participants of the Chemistry Olympiad at an early stage of the competition. By strengthening topic interest and attainment value (as done by Hulleman, Godes, Hendricks, and Harackiewicz (2010) in a comparable study with utility value), continuation in the competition, or repeated participation in the next competition could be positively influenced.

Female representation in specific fields of science predicts stereotype endorsement (Miller et al., 2015). Therefore more female participants in the (higher rounds of the) IPHO could lead to weaker stereotype endorsement, leading to more females participating in the Olympiad, and in the long run pursuing science studies and professions.

It has become apparent that there is no one-size-fits-all solution for the even distribution of male and female participants in the three major German Science Olympiads. Gender-science stereotypes may have a different effect on different constructs throughout the competitions. Therefore, further research is needed to find specific influences of stereotypes on both males and females in the different science competitions.

## References

- Bonnot, V., & Croizet, J.-C. (2007). Stereotype Internalization, Math Perceptions, and Occupational Choices of Women With Counter-Stereotypical University Majors. *Swiss Journal of Psychology*, 66(3), 169–178. <https://doi.org/10.1024/1421-0185.66.3.169>
- Boucher, K. L., Fuesting, M. A., Diekman, A. B., & Murphy, M. C. (2017). Can I Work with and Help Others in This Field? How Communal Goals Influence Interest and Participation in STEM Fields. *Frontiers in Psychology*, 8, 901. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00901>
- Cho, S., & Lee, H. (2002). Korean gifted girls and boys: What influenced them to be Olympians and Non-Olympians? *Journal of Research in Education*, 12(1).
- Diekman, A. B., Steinberg, M., Brown, E. R., Belanger, A. L., & Clark, E. K. (2017). A Goal Congruity Model of Role Entry, Engagement, and Exit: Understanding Communal Goal Processes in STEM Gender Gaps. *Personality and Social Psychology Review: an Official Journal of the Society for Personality and Social Psychology, Inc*, 21(2), 142–175. <https://doi.org/10.1177/1088868316642141>
- Eccles, J., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece, J. L., & Midgley, C. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. In J.T. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motivation*. San Francisco, CA.
- Elsevier Analytical Services. (2015). Mapping Gender: in the German Research Arena. Retrieved from <https://www.elsevier.com/research-intelligence/resource-library/gender-2015>
- Ertl, B., Luttenberger, S., & Paechter, M. (2017). The Impact of Gender Stereotypes on the Self-Concept of Female Students in STEM Subjects with an Under-Representation of Females. *Frontiers in Psychology*, 8, 703. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00703>
- Farrell, L., & McHugh, L. (2017). Examining gender-STEM bias among STEM and non-STEM students using the Implicit Relational Assessment Procedure (IRAP). *Journal of Contextual Behavioral Science*, 6(1), 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.jcbs.2017.02.001>
- Greenwald, A. G., McGhee, D. E., & Schwartz, J. L. K. (1998). Measuring Individual Differences in Implicit Cognition: The Implicit Association Test. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(6), 1464–1480.
- Greenwald, A. G., Banaji, M. R., Rudman, L. A., Farnham, S. D., Nosek, B. A., & Mellott, D. S. (2002). A unified theory of implicit attitudes, stereotypes, self-esteem, and self-concept. *Psychological Review*, 109(1), 3–25. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.109.1.3>
- Hulleman, C. S., Godes, O., Hendricks, B. L., & Harackiewicz, J. M. (2010). Enhancing interest and performance with a utility value intervention. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 880–895. <https://doi.org/10.1037/a0019506>
- Jansen, M., Schroeders, U., & Lüdtke, O. (2014). Academic self-concept in science: Multidimensionality, relations to achievement measures, and gender differences. *Learning and Individual Differences*, 30, 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.12.003>
- Lengfelder, A., & Heller, K. A. (2002). German Olympiad Studies: Findings from a retrospective evaluation and from in-depth interview. Where have all the gifted females gone? *Journal of Research in Education*, 12(1), 86–92.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P., & Hooper, M. (2016). TIMSS 2015 International Results in Science. Retrieved from <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/timss-2015/science/student-achievement/>
- Miller, D., Eagly, A., & Linn, M. (2015). Women's Representation in Science Predicts National Gender-Science Stereotypes: Evidence From 66 Nations. *Journal of Educational Psychology*, 107(3), 631–644. <https://doi.org/10.1037/edu0000005>
- Nosek, B. A., Smyth, F. L., Sriram, N., Lindner, N. M., Devos, T., Ayala, A., . . . Greenwald, A. G. (2009). National differences in gender-science stereotypes predict national sex differences in science and math achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(26), 10593–10597. <https://doi.org/10.1073/pnas.0809921106>
- OECD. (2016). *PISA 2015 Results: Volume I: Excellence and Equity in Education*.
- Verna, M. A., & Feng, A. X. (2002). American Chemistry Olympians achieve the highest level of equity. *Journal of Research in Education*, 12, 101–105.



Peter Wulff<sup>1</sup>  
 Stefan Petersen<sup>1</sup>  
 Melanie Keller<sup>1</sup>  
 Knut Neumann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel

### **Physikalisches Problemlösen in der PhysikOlympiade**

Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) gelten als zentral für die wirtschaftliche Entwicklung moderner Gesellschaften (Friedman, 2005; Pinker, 2018). Aus diesem Grund kommt der Gewinnung qualifizierten Nachwuchses in MINT eine besondere Bedeutung zu. Zahlreiche Länder haben Enrichmentangebote im Bereich MINT wie die ScienceOlympiaden in den Kanon von Bildungsprogrammen integriert, die gezielt qualifizierte Schülerinnen und Schüler identifizieren und fördern sollen (Campbell, Wagner, & Walberg, 2000). Um die Identifikation und Förderung effektiv zu gestalten, sind Kenntnisse über Langzeitwirkungen sowie Erfolgsprädiktoren solcher Programme wesentlich. Für die ChemieOlympiade konnten bereits Merkmale erfolgreicher Teilnehmender wie kognitive Fähigkeiten oder persönliche Erfolgserwartungen identifiziert werden (Urhahne, Ho, Parchmann, & Nick, 2012). Eine Studie von Friege und Lind (2003) deutet allerdings darauf hin, dass der Erfolg in MINT Domänen wie der Chemie oder Physik maßgeblich durch domänenspezifische Fähigkeiten und nur mittelbar durch allgemeine kognitive Fähigkeiten bestimmt ist.

Domänenspezifische Fähigkeiten, die Erfolg in solchen Programmen vorhersagen, sind insbesondere das fachspezifische Problemlösen. Allgemein verbindet Problemlösen Erkenntnisse sowohl aus den Kognitionswissenschaften als auch aus der Fachdidaktik, die sich mit spezifischen Lernprozessen in einer Domäne auseinandersetzt. Mayer (2013) konzeptualisiert Problemlösen als zweischrittigen Prozess, bestehend aus einer Phase der Problemrepräsentation sowie der Problemlösung. Eine angemessene Problemrepräsentation ist entscheidend für erfolgreiches Problemlösen (Larkin, 1983). In Verbindung dieser Erkenntnisse und der Zweiteilung des Prozesses postulieren wir, dass das Problemverständnis ein Merkmal erfolgreichen Problemlösens ist und auch jenseits allgemeiner heuristischer Problemlösekompetenz Erfolg vorhersagen sollte.

Problemverständnis „is attained when it is possible to predict a physical phenomenon from its physical models, without having to previously refer to the mathematical formalism“ (Greca & Moreira, 2002, p. 108). Damit umfasst Problemverständnis Konzepte (z. B.: Komponentenerlegung eines Vektors), Prinzipien (z. B.: Energieerhaltung, Kraftansatz) sowie Anwendungsbedingungen (z. B.: Reibungsfreiheit) (Docktor et al., 2016; Fortus, 2009; Reif & Heller, 1982). Auch wenn es möglich ist, noch genauer Wissenskomponenten zu unterscheiden, die Problemlösen ausmachen, soll dieser Auflösungsgrad für Problemverständnis für die vorliegende Arbeit genügen, da sich in dieser Konzeptualisierung von Problemverständnis Experten-Novizen-Differenzen manifestieren sollten, wobei Experten sich insbesondere durch eine Analyse der Tiefenstruktur des Problems (notwendige Theorie sowie Anwendungsbedingungen) auszeichnen sollten (Reinhold, Lind, & Friege, 1999). Auf der Basis dieser Vermutung rahmt die folgende Forschungsfrage die vorliegende Studie: „Inwieweit kann fachspezifisches Problemverständnis jenseits anderer Erfolgsprädiktoren (kognitive Fähigkeiten, heuristisches Problemlösen, Erfolgserwartung) Erfolg in der PhysikOlympiade vorhersagen?“

### Instrumente und Stichprobe

Um physikalisches Problemverständnis zu erfassen, müssen Problemlösende in die Lage versetzt werden, über ihre Herangehensweise an ein physikalisches Problem nachzudenken. Dazu nutzen wir wohldefinierte Aufgaben (Foster, 2000). Vier Problemsituationen erfassen das Problemverständnis, wobei jeweils Energieerhaltung sowie Kraftansatz die Tiefenstruktur definieren. Eine Beispielaufgabe lautet: „Eine Masse durchläuft reibungsfrei eine Bahn mit einem Looping (hierzu bekommen die Teilnehmenden eine Skizze). Die Masse startet dabei aus einer Höhe über dem höchsten Punkt des Loopings. Bestimme die minimale Starthöhe, die notwendig ist, sodass die Masse beim Durchlaufen des Loopings nicht nach unten fällt. Nimm dabei an, dass die Masse ohne zu rutschen die Bahn entlang rollt und nimm an, dass die Masse punktförmig ist. *Beschreibe nachvollziehbar, wie du bei der Lösung dieser Aufgabe vorgehen und welche physikalischen Überlegungen du dabei verwenden würdest. Versuche in ganzen Sätzen zu schreiben.*“ Die Schülerinnen und Schüler hatten dann die Möglichkeit in einem offenen Textfeld am PC ihr Vorgehen zu beschreiben. Zur Kodierung wurde ein Kategoriensystem adaptiert, welches mit ähnlicher Zielstellung (Kodierung offener Problemlösungen) entwickelt wurde (Docktor et al., 2016). In dem von uns adaptierten Kodiermanual wurden 4 Kategorien aufgenommen: 1) *Konzept* erfasst auf einer Skala von -1 bis 2 Punkten, inwieweit die richtigen Konzepte angewendet wurden, 2) *Kontext* erfasst auf einer Skala von -1 bis 2 Punkten, inwieweit die Anwendungsbedingungen für die Konzepte korrekt angegeben wurden, 3) *Detail* erfasst auf einer Skala von 0 bis 2 Punkten, inwieweit die jeweiligen Konzepte präzise erläutert wurden und 4) *Ausführung* erfasst auf einer Skala von 0 bis 2 Punkten, ob die Gesamtdarstellung kohärent und logisch nachvollziehbar war. Die Interraterreliabilität war stets  $> ,93$ .

Der eigens entwickelte Test wurde zusammen mit anderen Instrumenten, die die oben beschriebenen Erfolgsprädiktoren (kognitive Fähigkeiten, heuristisches physikalisches Problemlösen sowie Erfolgserwartung in der PhysikOlympiade) erfassen, im Projekt WinnerS eingesetzt. Heuristisches physikalisches Problemlösen wurde auf der Basis eines existierenden Tests erhoben (Heller & Perleth, 2007), um zu überprüfen, ob Problemverständnis zusätzliche Varianz aufklärt. Insgesamt haben den Test  $N = 123$  Teilnehmende ( $m = 86$ ;  $w = 37$ ), die durchschnittlich 16,3 Jahre ( $SD = 1,1$  Jahre) alt waren, bearbeitet. Es sei hier erwähnt, dass es sich bei dieser Stichprobe nicht um eine repräsentative Stichprobe der Gesamtpopulation der PhysikOlympiade handelt, da die Teilnehmenden in dieser Stichprobe sowohl jünger als auch besser in den Aufgaben der ersten Runde des Wettbewerbs waren. Die durchschnittliche Zahl an Antworten sowie die internen Konsistenzen (alle zufriedenstellend) aller hier betrachteten Skalen können der Tabelle 1 entnommen werden. Höchste erreichte Runde der Teilnehmenden wurde hier als Proxy für Erfolg in der PhysikOlympiade herangezogen. Weiterhin ist zu erwähnen, dass die Interkorrelation der kognitiven Skalen von  $r = ,26$  bis  $,32$  reichte, was als Indikator dient, die drei Skalen als unterschiedliche Konstrukte zu betrachten.

Tab. 1: Kennwerte zu den eingesetzten Skalen.

| Variable                                  | N   | #  | Alpha | r    | Range | M     | SD   |
|-------------------------------------------|-----|----|-------|------|-------|-------|------|
| Kognitive Fähigkeiten                     | 59  | 47 | 0,86  | 0,32 | 0-47  | 30,87 | 8,35 |
| Phys. Problemverständnis                  | 103 | 16 | 0,87  | 0,52 | -1-2  | 8,13  | 6,86 |
| Heuristisches physikalisches Problemlösen | 116 | 15 | 0,69  | 0,29 | 0-1   | 0,55  | 0,20 |
| Erfolgserwartung                          | 122 | 5  | 0,67  | 0,43 | 1-4   | 2,61  | 0,46 |
| Höchste Runde                             | 123 | 1  |       |      | 1-3   | 1,66  | 0,63 |

### Ergebnisse

Zur Beantwortung der FF wird zunächst die erreichte Punktzahl im Problemverständnis über die höchste erreichte Runde abgetragen (siehe Abbildung 1). Es zeigt sich ein Trend, dass erfolgreichere Teilnehmende auch höher im Problemverständnis scoren. Da die Übergänge von erster zu zweiter und von zweiter zu dritter Runde nicht als „gleichschwierig“ angenommen werden sollten, bietet sich eine ordinale Regression an, die diesem Umstand Rechnung trägt. Die ordinale Regression bestätigt diesen Zusammenhang (siehe Tabelle 2), der auch erhalten bleibt, wenn die weiteren Erfolgsprädiktoren ins Modell aufgenommen werden.

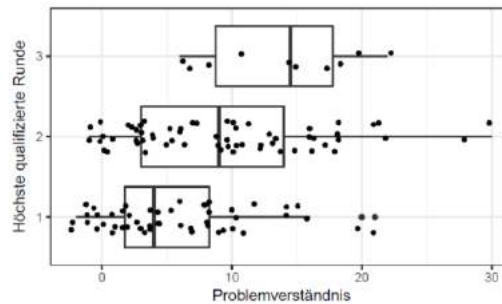


Abb. 1: Darstellung der Punktzahl im Problemverständnis-Test über der höchsten erreichten Runde.

Tab. 2: Ergebnisse der ordinalen Regression mit höchster Runde als abhängige Variable.

| Prädiktor                                 | <i>b</i> | <i>SE(b)</i> | <i>z</i> | <i>p</i> | OR   |
|-------------------------------------------|----------|--------------|----------|----------|------|
| Heuristisches physikalisches Problemlösen | 0,57     | 0,20         | 2,84     | <,001    | 1,77 |
| Phys. Problemverständnis                  | 0,61     | 0,20         | 3,05     | <,001    | 1,83 |
| R <sup>2</sup>                            | 0,21     |              |          |          |      |
| Kog. Fähigkeiten                          | 0,21     | 0,20         | 1,04     | ,30      | 1,24 |
| Heuristisches physikalisches Problemlösen | 0,42     | 0,21         | 1,98     | <,05     | 1,53 |
| Phys. Problemverständnis                  | 0,53     | 0,21         | 2,56     | <,01     | 1,71 |
| Erfolgserwartung                          | 0,53     | 0,20         | 2,60     | <,01     | 1,70 |
| R <sup>2</sup>                            | 0,27     |              |          |          |      |

### Diskussion

In seiner Kritik am Testen allgemeiner kognitiver Fähigkeiten, bemerkte McClelland (1973): “If you want to test who will be a good policeman, go find out what a policeman does.” Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bekräftigen den Einsatz fachspezifischer Tests zur Erfassung von Expertise in einer Domäne wie der Physik. Der entwickelte Test für physikalisches Problemverständnis funktioniert in Bezug auf interne Konsistenz, Trennschärfe sowie Interraterreliabilität. Darüber hinaus sagt Problemverständnis Erfolg in der PhysikOlympiade vorher (FF) – auch bei Berücksichtigung anderer Erfolgsprädiktoren. Damit ermöglicht der fachspezifische Test eine gezielte Identifikation qualifizierten Nachwuchses und hebt die Wichtigkeit fachspezifischen Problemlösens für dessen Förderung hervor.

### Literatur

- Campbell, J. R., Wagner, H., & Walberg, H. J. (2000). Academic Competitions and Programs Designed to Challenge the Exceptionally Talented. In K. Heller, F. Monks, R. Sternberg, & R. Subotnik (Eds.), *International handbook of giftedness and talent* (2nd ed., pp. 523–535). Oxford, UK: Pergamon.
- Docktor, J. L., Dornfeld, J., Frodermann, E., Heller, K., Hsu, L., Jackson, K. A., . . . Yang, J. (2016). Assessing student written problem solutions: A problem-solving rubric with application to introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010130>
- Fortus, D. (2009). The importance of learning to make assumptions. *Science Education*, 93(1), 86–108. <https://doi.org/10.1002/sce.20295>
- Foster, T. M. (2000). THE DEVELOPMENT OF STUDENTS' PROBLEM-SOLVING SKILL FROM INSTRUCTION EMPHASIZING QUALITATIVE PROBLEM-SOLVING. Dissertation.
- Friedman, T. L. (2005). *The world is flat*. New York: Farrar, Straus, & Giroux.
- Friege, G., & Lind, G. (2003). Allgemeine und fachspezifische Problemlösekompetenz. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 9, 63–74.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86(1), 106–121. <https://doi.org/10.1002/sce.10013>
- Heller, Kurt A.; Perleth, Christoph (2007): Münchner Hochbegabungstestbatterie für die Sekundarstufe. MHBT-S ; Manual. Göttingen: Hogrefe.
- Larkin, J. H. (1983). The role of problem representation in physics. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mayer, R. (2013). Problem Solving. In D. Reisberg (Ed.), *The Oxford Handbook of Cognitive Psychology* (pp. 769–778). Oxford, New York: Oxford University Press.
- McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for "intelligence.". *American Psychologist*, 28(1), 1–14. <https://doi.org/10.1037/h0034092>
- Pinker, S. (2018). *Enlightenment Now: The Case for Reason, Science, Humanism, and Progress*: Viking.
- Reif, F., & Heller, J. I. (1982). Knowledge structure and problem solving in physics. *Educational Psychologist*, 17(2), 102–127. <https://doi.org/10.1080/00461528209529248>
- Reinhold, P., Lind, G., & Friege, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik [Knowledge-based problem-solving in physics]. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 5(1), 41–62.
- Urhahne, D., Ho, L. H., Parchmann, I., & Nick, S. (2012). Attempting to predict success in the qualifying round of the International Chemistry Olympiad. *High Ability Studies*, 23(2), 167–182.

## Physik oder Mathe? – Attribution von Teilnehmenden der PhysikOlympiade

### Hintergrund

Die PhysikOlympiade ist ein Wettbewerb, dessen Ziel die Förderung interessierter Jugendlicher ist. Gleichzeitig werden über vier Wettbewerbsrunden hinweg die fünf besten Teilnehmenden identifiziert, die Deutschland bei der Internationalen PhysikOlympiade vertreten (Petersen & Wulff, 2017). Dabei können Teilnehmende Erfolg oder Misserfolg erleben, in diesem Fall Qualifikation oder Nichtqualifikation für die nächste Runde. Die Teilnehmenden können ihren (Miss-)Erfolg auf verschiedene Ursachen attribuieren. Attributionen wiederum beeinflussen Emotionen und zukünftiges Engagement (z.B. Möller & Jerusalem, 1997; Weiner, 2010). Damit ist die Attribution in der PhysikOlympiade von Bedeutung, wenn es beispielsweise um eine erneute Wettbewerbsteilnahme im folgenden Jahr oder die Aufnahme eines physikbezogenen Studiums geht. Im Leistungskontext werden typischerweise vier Ursachenfelder unterschieden, auf die Erfolg und Misserfolg attribuiert werden können: Fähigkeit, Aufgabencharakteristik, Anstrengung und Zufall. Diese können einerseits danach klassifiziert werden, ob sie internal, also in der Person selbst lokalisiert sind (Fähigkeit, Anstrengung), oder external (Aufgabe, Zufall), oder danach, ob sie als zeitlich eher stabil (Fähigkeit, Aufgabe) oder variabel (Anstrengung, Zufall) angesehen werden (z.B. Weiner, 2010). Verschiedene Studien berichten von einer Tendenz zu einer selbstwertdienlichen Attribution, indem Erfolg internal, Misserfolg hingegen external attribuiert wird (z.B. Möller & Jerusalem, 1997; Stiensmeier-Pelster & Heckhausen, 2010). Diese Tendenz scheint bei Jungen stärker ausgeprägt zu sein als bei Mädchen, so berichten beispielsweise Tirri und Nokelainen (2010), dass Schülerinnen Erfolg in Mathematik weniger auf hohe und Misserfolg stärker auf mangelnde Fähigkeit zurückführen als Schüler. Bei der Untersuchung von Attributionen in der PhysikOlympiade müssen neben physik- auch mathematikbezogene Ursachenfelder berücksichtigt werden, da Mathematik eine wichtige Rolle in der Physik spielt. Genauer betrachtet kann die Mathematik als Werkzeug dienen, wenn es darum geht, Rechnungen ohne physikalischen Bezug durchzuführen, oder als Strukturgeberin, wenn idealisierte physikalische Systeme mittels mathematischer Strukturen beschrieben werden (Karam, 2014). Auch in der PhysikOlympiade ist die Mathematik wichtig, wobei sich eine Entwicklung feststellen lässt: Während in der ersten Runde basale Mathematikfertigkeiten ausreichend sind, gehen die mathematischen Anforderungen in den höheren Runden über das hinaus, was aus dem Unterricht bekannt sein sollte (Treiber, Neumann, Heinze, eingereicht). So ist es vorstellbar, dass Teilnehmende an der Mathematik scheitern, obwohl sie über ausreichende Physikkenntnisse verfügen. Es liefe jedoch dem Wettbewerbsziel entgegen, wenn das Scheitern auf die Physik zurückgeführt und in einem Abwenden von der Physik resultieren würde. Für die Untersuchung der Attribution in der PhysikOlympiade ergibt sich damit die Notwendigkeit, nur die Attribution auf Zufall domänenunspezifisch, die Attribution auf Fähigkeit, Aufgabe und Anstrengung aber sowohl mit Blick auf Physik als auch auf Mathematik zu erfassen. Im vorliegenden Beitrag steht die Attribution von erfolgreichen und ausgeschiedenen Teilnehmenden der ersten Runde der PhysikOlympiade 2018 im Fokus. Konkret sollen die Fragen beantwortet werden:

- Welche Attributionsmuster lassen sich im Hinblick auf die Selbstwertdienlichkeit finden?
- Inwiefern lassen sich Geschlechterunterschiede finden?

- Inwiefern lassen sich Unterschiede zwischen mathematik- und physikbezogenen Attributionen finden?

### **Methode**

Nach Bekanntgabe der Ergebnisse der ersten Runde füllten N=170 Teilnehmende einen Online-Fragebogen aus. Für die zweite Runde hatten sich 97 (65m / 32w) qualifiziert, 73 (46m / 26w) waren ausgeschieden. Für den vorliegenden Beitrag sind zwei Aspekte des (größeren) Fragebogens von Bedeutung: der wahrgenommene Mathematikanteil in der PhysikOlympiade, der mit einem offenen Item erhoben wurde, sowie die Attribution. Zur Erfassung der Attribution wurde ein Fragebogen entwickelt, im Sommer 2016 mit 123 damaligen Teilnehmenden der PhysikOlympiade pilotiert und überarbeitet. Der finale Fragebogen besteht nun aus 28 Items (z.B. Ich habe die nächste Runde erreicht, weil ich physikalisches Wissen in der Regel sehr schnell lerne./Ich bin nicht in die nächste Runde gekommen, weil ich einfach Pech hatte.), bei denen auf einer fünfstufigen Likert-Skala der Grad der Zustimmung anzugeben ist.

### **Ergebnisse**

In beiden Teilstichproben (erfolgreich bzw. ausgeschieden) zeigte sich sowohl bei den Mathematik- als auch den Physik-Items die erwartete dreidimensionale Struktur. Auch die interne Konsistenz erwies sich mit Werten von .69 bis .89 für Cronbach's  $\alpha$  in beiden Stichproben für alle Skalen als gut bis sehr gut.

#### *Attributionsmuster*

Die erfolgreichen Teilnehmenden führten ihr Weiterkommen am stärksten auf Mathematik- und Physikfähigkeit (Mathematik:  $M=4.0$ ,  $SD=0.7$ ; Physik:  $M=3.9$ ,  $SD=0.7$ ), am wenigsten auf den Zufall ( $M=1.8$ ,  $SD=0.7$ ) zurück. Die ausgeschiedenen Teilnehmenden hingegen führten ihr Ausscheiden nicht auf mangelnde physikalische ( $M=1.5$ ,  $SD=0.8$ ) oder mathematische Fähigkeiten ( $M=1.4$ ,  $SD=0.6$ ) zurück, sondern eher auf Zufall ( $M=2.5$ ,  $SD=0.9$ ) und Aufgabenschwierigkeit im Hinblick auf Physik ( $M=2.8$ ,  $SD=1.0$ ). Beide Teilstichproben zeigten damit selbstwertdienliche Attributionsmuster.

#### *Geschlechterunterschiede*

Bei den ausgeschiedenen Teilnehmenden zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen. Bei den erfolgreichen Teilnehmenden zeigte sich lediglich auf der Skala Physikfähigkeit ein signifikanter Unterschied (Jungen:  $M=4.0$ ,  $SD=0.6$ , Mädchen:  $M=3.7$ ,  $SD=0.6$ ). Dieser Unterschied in der Attribution könnte eine Erklärung für den Fall liefern, dass Teilnehmerinnen sich trotz Qualifikation eher gegen eine Teilnahme an der zweiten Runde entscheiden als männliche Teilnehmer – in Anbetracht der geringen absoluten Differenz kann das jedoch sicherlich nicht die hauptsächliche Ursache sein.

#### *Mathematik- versus Physikbezogene Attributionen*

Der Vergleich der Attribution bezogen auf Mathematik und Physik ist in Abb. 1 dargestellt. Für jede der drei Facetten Anstrengung, Fähigkeit und Aufgabe sind links die Werte der erfolgreichen Teilnehmenden für Mathematik (gelb) und Physik (blau) dargestellt, rechts daneben die Werte der ausgeschiedenen Teilnehmenden wieder für Mathematik (gelb, schraffiert) und für Physik (blau, schraffiert). Bei Anstrengung und Fähigkeit fanden sich weder bei den erfolgreichen noch bei den ausgeschiedenen Teilnehmenden Unterschiede im Hinblick auf Mathematik und Physik. Bezüglich der Facette „Aufgaben“ zeigten beide Gruppen einen signifikanten Unterschied zwischen Mathematik und Physik, jedoch in entgegengesetzte Richtung: Während die erfolgreichen Teilnehmenden ihr Weiterkommen

signifikant stärker auf mathematische als auf physikalische Aufgabenmerkmale zurückführten, attribuierten die ausgeschiedenen Teilnehmenden ihre Nichtqualifikation signifikant stärker auf physikalische als auf mathematische Aufgabenmerkmale. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die in der ersten Runde benötigte Mathematik – im Gegensatz zu den physikalischen Inhalten – weitgehend bekannt sein sollte (vgl. Treiber et al., eingereicht). Da es möglich ist, dass die Teilnehmenden den Mathematikanteil in der PhysikOlympiade sehr heterogen wahrnehmen, was wiederum zu unterschiedlichen mathematikbezogenen Attributionen führen mag, wurden die Teilnehmenden zusätzlich gefragt, wie sie den Mathematikanteil in den Aufgaben der PhysikOlympiade einschätzen. Die Antworten reichten von 20% bis 90% ( $M = 57\%$ ,  $SD = 17.6\%$ ) und bestätigten die Heterogenität des wahrgenommenen Mathematikanteils. Eine lineare Regression von Mathematikanteil auf die Attributionsskalen zeigte jedoch bei den ausgeschiedenen Teilnehmenden keinen signifikanten Zusammenhang, bei den erfolgreichen Teilnehmenden wurde nur der Zusammenhang zu Anstrengung bezogen auf Mathematik signifikant. Daher ist davon auszugehen, dass die gefundenen Nichtsignifikanzen nicht darauf zurückzuführen sind, dass eigentlich vorhandene Unterschiede durch die gemeinsame Behandlung aller erfolgreichen bzw. aller ausgeschiedenen Teilnehmenden nivelliert wurden.

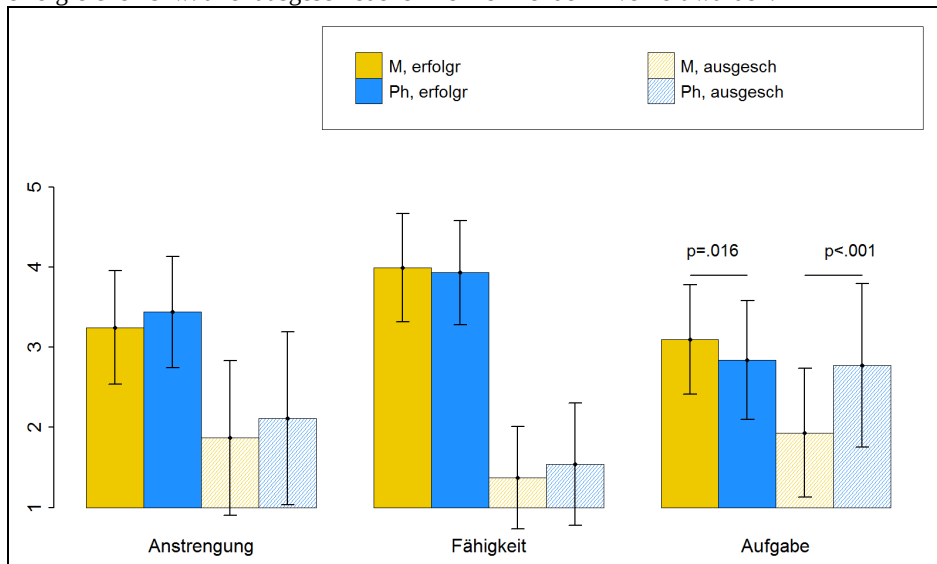


Abb. 1: Vergleich der Attribution auf Mathematik und Physik für Anstrengung, Fähigkeit und Aufgabe in beiden Teilnehmenden-Gruppen.

### Zusammenfassung und Ausblick

Bei der Untersuchung der Attribution des Wettbewerbsergebnisses der ersten Runde in der PhysikOlympiade zeigten sich sowohl bei erfolgreichen als auch bei ausgeschiedenen Teilnehmenden selbstwertdienliche Attributionsmuster. Geschlechterunterschiede fanden sich nur bei erfolgreichen Teilnehmenden auf der Skala Physikfähigkeit. Unterschiede zwischen Mathematik und Physik fanden sich lediglich im Hinblick auf die Aufgabenmerkmale und zwar bei beiden Gruppen. Es bleibt zu untersuchen, ob sich die gefundenen Resultate auch nach den höheren Wettbewerbsrunden bestätigen oder ob weitere bzw. andere Muster und Unterschiede auftreten, wenn die mathematischen Anforderungen steigen, womit sich auch die Wahrnehmung des Mathematikanteils im Wettbewerb ändern könnte. Ebenso ist der gegenseitige Einfluss von mathematischem sowie physikalischem Selbstkonzept und Attributionen weiterhin offen und bedarf weiterer Forschung.

### Literatur

- Karam, R. (2014). Framing the structural role of mathematics in physics lectures: A case study on electromagnetism. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(1), 10119. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.010119>
- Möller, J., & Jerusalem, M. (1997). Attributionsforschung in der Schule. *Zeitschrift Für Pädagogische Psychologie*, 11, 151–166
- Petersen, S., & Wulff, P. (2017). The German Physics Olympiad—identifying and inspiring talents. *European Journal of Physics*, 38 (3), 1–16. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aa538f>
- Stiensmeier-Pelster, J., & Heckhausen, H. (2010). Kausalattribution von Verhalten und Leistung. In H. Heckhausen & J. Heckhausen (Eds.), *Motivation und Handeln* (4th ed., pp. 389–426). Berlin: Springer
- Tirri, K., & Nokelainen, P. (2010). The Influence of Self-Perception of Abilities and Attribution Styles on Academic Choices: Implications for Gifted Education. *Roeper Review*, 33(1), 26–32. <https://doi.org/10.1080/02783193.2011.530204>
- Treiber, E., Neumann, I., & Heinze, A. (eingereicht). Is it all about Math? The Role of Mathematics in Physics Competitions Fostering Talented Students.
- Weiner, B. (2010). The Development of an Attribution-Based Theory of Motivation: A History of Ideas. *Educational Psychologist*, 45(1), 28–36. <https://doi.org/10.1080/00461520903433596>



Carolin Enzingmüller<sup>1</sup>  
 Lorenz Kampschulte<sup>2</sup>  
 Ilka Parchmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel / KiSOC  
<sup>2</sup>Deutsches Museum

## Science Outreach in Sonderforschungsbereichen

Heutzutage ist projektbezogene Öffentlichkeitsarbeit ein integraler Bestandteil vieler Förderformate für die Wissenschaft, etwa bei Exzellenzclustern, bei Programmen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Erklärtes Ziel dieser Maßnahmen ist es, Themen, Untersuchungsgegenstände, Arbeitsweisen und Ergebnisse der geförderten Arbeiten auch der Nicht-Fachöffentlichkeit vorzustellen (DFG, 2011). Darüber hinaus geht es aber auch darum, die Rolle der Wissenschaft in unserer Gesellschaft zu thematisieren und wissenschaftlichen Nachwuchs zu gewinnen. Das Postersymposium versammelte Projekte verschiedener Sonderforschungsbereiche aus Aachen, Hannover, Kaiserslautern und Kiel und zeigte dabei ein breites Spektrum von eingesetzten Outreach-Formaten und Untersuchungsdesigns. Bevor einige Projekte exemplarisch vorgestellt werden (siehe folgende Beiträge), erfolgt zunächst ein Blick auf die Rahmenbedingungen für Wissenschaftskommunikation in Sonderforschungsbereichen. Abschließend sollen Perspektiven einer weiteren Vernetzung aufgezeigt werden.

### Rahmenbedingungen für Outreach in Sonderforschungsbereichen

Sonderforschungsbereiche können auf zwei Wegen finanzielle Mittel für Kommunikationsmaßnahmen beantragen (DFG, 2018a): Einzelne, kleinere Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit und Wissenschaftskommunikation werden im Rahmen des zentralen Verwaltungsprojekts gefördert. Seit dem Jahr 2005 besteht darüber hinaus die Möglichkeit, ein eigenes *Teilprojekt Öffentlichkeitsarbeit* (TPÖ; engl. Science Outreach Project, SOP) zu beantragen. Hiermit werden in der Regel „größere, langfristig angelegte und projektförmig organisierte Vorhaben der Wissenschaftskommunikation und Öffentlichkeitsarbeit“ gefördert. Für die Begutachtung entscheidend sind dabei eine klare Ziel- bzw. Zielgruppendefinition, ein deutlicher Bezug zur Thematik des SFB, der Einbezug der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem Verbund sowie eine sinnvolle Kooperation mit der Pressestelle der Einrichtung sowie außeruniversitären Partnern (DFG, 2018b). Zur inhaltlichen Ausrichtung existieren weder Vorgaben noch Empfehlungen seitens der DFG. Die Aktivitäten zur Öffentlichkeitsarbeit können daher auf ganz unterschiedlichen Ebenen stattfinden, von Angeboten für Kindergärten und Schulen über außerschulische Lernorte wie Schülerlabore bis hin zu Maßnahmen für die breite Öffentlichkeit wie Ausstellungen oder Vortragsreihen. Durch die vermehrte Einbindung fachdidaktischer Arbeitsgruppen an verschiedenen Standorten haben sich die TPÖs in den letzten Jahren von reinen Vermittlungs- und Transferprojekten auch zu verknüpften Forschungs- und Entwicklungsprojekten entwickelt, verbunden auch mit neuen Forschungsperspektiven und Qualifizierungen für die Fachdidaktik selbst. Diese Kooperation bietet ebenso weiterführende Potenziale für einen intensiven Austausch zwischen Fachwissenschaften und Fachdidaktiken, vergleichbar einer der zentralen Zielsetzungen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung.

### Vielfalt von Zielen, Formaten und Akteuren

So sind in den vergangenen Jahren in einer Reihe von SFBs Projekte entstanden, die Outreach-Aktivitäten nicht nur – im Sinne eines Service-Projektes – konzipieren und durchführen, sondern diese auch aktiv beforschen. Viele dieser Projekte zielen auf Schülerinnen und

Schüler ab, wobei nicht nur die Vermittlung und Erarbeitung fachwissenschaftlicher Themen im Fokus stehen, sondern es auch darum geht, Interessen an Naturwissenschaften zu stärken und berufliche Perspektiven in diesem Bereich aufzuzeigen. Obwohl die Aktivitäten und Forschungsansätze unterschiedlich sind, haben die Projekte durch die Orientierung auf die gemeinsame Zielgruppe auch viele Ähnlichkeiten. So geht es beim Kieler Sonderforschungsbereich 677 „Funktion durch Schalten“ etwa um die Frage, ob mit Videos die authentische Wahrnehmung des Besuchs im Schülerlabor gesteigert werden kann, bzw. wie durch eine passende Vor- und Nachbereitung des Schülerlaborbesuchs eine berufsorientierende Funktion integriert werden kann. Die Forschung im TPÖ des SFB 917 in Aachen widmet sich der Frage, wie das Angebot an verschiedene Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler angepasst werden kann und die Aktivität so auch in heterogenen Klassenverbänden bzw. als Programm für weitere Nutzergruppen wie Projektarbeiten genutzt werden kann. Im Kaiserslauterner SFB richtet sich der Forschungsfokus auf die Förderung von Mädchen: in die Programme werden gezielt Aktivitäten integriert, die traditionell Mädchen ansprechen (z.B. kreative und kommunikative Tätigkeiten). Das am SFB 1227 DQ-mat in Hannover angegliederte TPÖ untersucht zum einen die unterrichtstaugliche Rekonstruktion fachwissenschaftlicher Inhalte, zum anderen die besonderen Spezifika des forschenden Lernens in einem außerschulischen Lernort zum sehr komplexen Thema Quantenoptik. Der Kieler SFB 1261 entwickelt und evaluiert zum einen verschiedene Outreach-Formate zum Thema Magnetsensoren für die Medizin, zum anderen begleitet er die interdisziplinäre Kommunikation innerhalb des SFB-Forschungsteams.

### **Perspektiven für zukünftige Vernetzung**

Die intensive Diskussion während und nach dem Postersymposium hat gezeigt, dass im Feld der TPÖ-Outreachforschung viel Bedarf an Austausch besteht, sowohl auf inhaltlich-konzeptioneller Ebene als auch zu forschungsmethodischen Fragestellungen. Die Ähnlichkeiten der Projekte, aber auch die unterschiedlichen Ansätze bei der Planung und Realisierung von Outreach-Aktivitäten lassen eine stärkere Vernetzung entsprechender Projekte als besonders wertvoll erscheinen. Denkbar sind dabei unter anderem folgende Schritte:

- Schaffung einer Übersicht über Outreach-Angebote
- Vorbereitung gemeinsamer Aktivitäten (Arbeitstreffen, Tagungen, Veröffentlichungen etc.)
- Transfer von Beispielen guter Praxis
- Identifikation gemeinsamer Evaluationskriterien
- strategische Auswertung der Aktivitäten und Erarbeitung von Empfehlungen

Durch eine stärkere Vernetzung von Projekten zur Öffentlichkeitsarbeit in Sonderforschungsbereichen ließen sich nicht nur praxisrelevante, für das Berufsfeld von Kommunikatoren wertvolle Prozesse und Strukturen anstoßen. Mehr Abstimmung und Kooperation würde auch dazu beitragen, Output und eventuell auch Impact von Outreach-Aktivitäten über die Projekte hinweg besser einschätzen und beurteilen zu können.

Die steigende Anzahl an und Diversität von Kommunikationsmaßnahmen in Sonderforschungsbereichen macht darüber hinaus eine systematische Betrachtung von Rahmenbedingungen und Ausrichtungen der Projekte auf einer Metaebene zunehmend interessant. Ein erster Schritt könnte darin bestehen, Outreach in Sonderforschungsbereichen in seiner Vielfalt zu kartieren und zu typologisieren. Aufgrund der komplexen Entwicklungs-, Evaluations- und Kooperationsanforderungen in Sonderforschungsbereichen erscheinen dabei Ansätze, die Prozesse und Strukturen der Wissenschaftskommunikation als systemhaft beschreiben (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2017)), als ein

geeigneter theoretischer Zugang. Oben genannte Vernetzungsbestrebungen ließen sich daher auch dazu nutzen, Perspektiven für ein zukünftiges Forschungsprogramm im Bereich Outreach zu erschließen bzw. weiter auszuschärfen.

**Literatur**

- DFG (2011). Deutsche Forschungsgemeinschaft: DFG-Vordruck 52.07: Modul Öffentlichkeitsarbeit. [http://www.dfg.de/formulare/52\\_07/52\\_07\\_de.pdf](http://www.dfg.de/formulare/52_07/52_07_de.pdf) (letzter Abruf: 19.10.18)
- DFG (2018a). Öffentlichkeitsarbeit und Wissenschaftskommunikation in Sonderforschungsbereichen. [http://www.dfg.de/foerderung/programme/koordinierte\\_programme/sfb/antragsteller/oeffentlichkeitsarbeit/index.html](http://www.dfg.de/foerderung/programme/koordinierte_programme/sfb/antragsteller/oeffentlichkeitsarbeit/index.html) (letzter Abruf: 19.10.18)
- DFG (2018b). Hinweise zur Begutachtung von Anträgen im Programm Sonderforschungsbereiche. [http://www.dfg.de/formulare/60\\_14/60\\_14\\_de.pdf](http://www.dfg.de/formulare/60_14/60_14_de.pdf) (letzter Abruf: 19.10.18)
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2017). Communicating Science Effectively: A Research Agenda. Washington, DC: The National Academies Press. doi: 10.17226/23674.

Roman Kondrjakow<sup>1</sup>  
 Ralf Detemple<sup>1</sup>  
 Heidrun Heinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen University

## Öffentlichkeitsarbeit eines Sonderforschungsbereiches - von der Gruppe zum Individuum

### Einleitung

Als Öffentlichkeitsarbeitsprojekt des Sonderforschungsbereichs (SFB) 917 (Nanoschalter) begann das Schülerlabor SCIphyLAB\_nano zunächst mit klassischen Schülerlabormodulen, in denen grundlegende physikalische Prinzipien von Phasenwechselschaltern sowie die Gerätschaften und experimentellen Techniken des SFB behandelt werden. Dabei soll innerhalb der Module ein authentisches Bild von den Arbeitsweisen in der Wissenschaft vermittelt werden. Die vom Bundesverband der Schülerlabore Lernort Labor (LeLa) definierten Schülerlaborkategorien K, W und B kennzeichnen ein klassisches Schülerlabor (K), in dem Wissenschaftskommunikation (W) und Berufsorientierung (B) im Vordergrund stehen (Haupt, 2013). Sie fassen damit die bisherigen Aktivitäten des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano in geeigneter Weise zusammen. Darüber hinaus sind im Rahmen dieses Schülerlabors bereits vereinzelt Tagesangebote für interessierte Jugendliche, aber auch Praktika und Hausarbeiten einzelner Schülerinnen oder Schüler betreut worden. Solche Angebote für Individuen wurden allerdings bisher noch nicht systematisch verfolgt. Dies soll sich nun ändern, sodass besonders interessierte Jugendliche die Möglichkeit bekommen, in Projektarbeit mit Gleichgesinnten und unter professioneller Betreuung erste Erfahrungen bei der Bearbeitung forschungsnaher Aufgaben zu sammeln. Weitere Standbeine des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano werden damit Aktivitäten, die den LeLa-Kategorien F (für Schülerforschungszentren) und E (für Engineering/Entwicklung und Produktion) zuzuordnen sind (Haupt, 2013). Dabei sollen neue Workshop-Angebote eine erste Basis schaffen, auf deren Grundlage Schülerinnen und Schüler gezielt für das Forschungsfeld interessiert und beim Einstieg in erste forschende Tätigkeiten unterstützt werden können. Dies soll eine Brücke zwischen universitärer Forschung und Schulbildung schlagen.

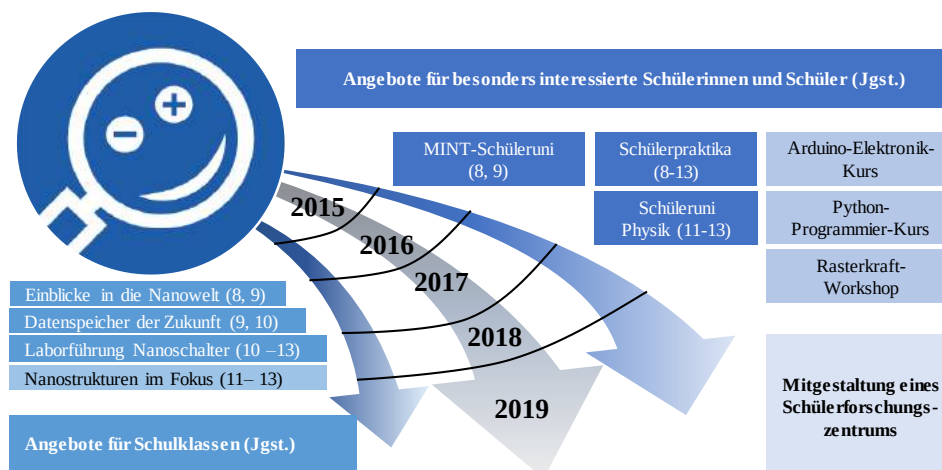


Abb. 1 Bereits etablierte (dunkel) und neu konzipierte (hell unterlegte) Aktivitäten des Schülerlabors

### Angebote für Schulklassen und Kurse

In den vom Schülerlabor SCIphyLAB\_nano angebotenen inhaltlichen Modulen *Einblicke in die Nanowelt* und *Datenspeicher der Zukunft* werden neben den fachlichen Inhalten auch Arbeitsweisen in der Wissenschaft und insbesondere die kooperativen und kommunikativen Aspekte wissenschaftlichen Arbeitens thematisiert (Leiß, 2015). Die Entwicklung beider Module wurde von fachdidaktischen Untersuchung begleitet. Dabei wurden Schülervorstellungen zur Arbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern erfasst (Leiß, 2016) und der Einfluss der Module auf diese Vorstellungen untersucht (Leiß, 2018). Die Mehrzahl aller bisherigen Teilnehmenden an Angeboten des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano (Abb. 2) hat eines dieser beiden Module durchlaufen, die beide ausschließlich für die Sekundarstufe I geeignet sind.

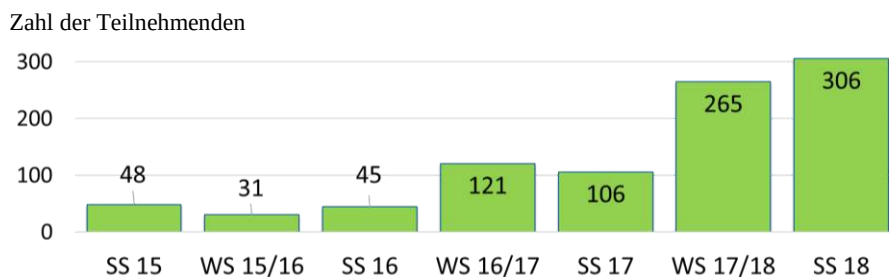


Abb. 2 Entwicklung der Besucherzahlen des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano (Zahl der Schülerinnen und Schüler pro Semester)

Für die Oberstufenphysik steht nun mit *Nanostrukturen im Fokus* auch ein Modul zur Verfügung, in dem Mikroskopiemethoden im Vordergrund stehen, die in den Teilprojekten des SFB 917 zum Einsatz kommen. Behandelt werden die Grenzen der Lichtmikroskopie und wie diese Grenzen mithilfe moderner Verfahren überwunden werden können. Wie auch die Forscher des SFB 917, so nutzen die Schülerinnen und Schüler Röntgendiffraktometrie sowie die Rastertunnelmikroskopie um Strukturen im Nanometerbereich zu vermessen. Besonders interessierte Schülerinnen und Schüler beider Sekundarstufen werden am Ende unserer Klassen- und Kursangebote auf weiterführende Projektkurse aufmerksam gemacht, die nachfolgend vorgestellt werden.

### Angebote für besonders interessierte Schülerinnen und Schüler

Schülerinnen und Schüler haben selten die Möglichkeit durch Praktika einen genaueren Einblick in den Arbeitsalltag einer Forschergruppe zu erhalten. Im SFB 917, aber auch in Arbeitsgruppen der RWTH jenseits dieses SFB ist dies zwar sporadisch geschehen, die Erfahrungen zeigen aber, dass diese Art der berufsorientierenden Maßnahme meist mit offensichtlichen Schwierigkeiten verbunden ist. Oft sind bereits ausgiebige experimentelle Kenntnisse und eine hohe Frustrationstoleranz, aber auch Elektronik-, Programmier- oder Mathematikkenntnisse von Nöten um die täglichen Aufgaben der Wissenschaftler nicht nur zu verstehen, sondern in Ansätzen auch selbst mit bearbeiten zu können. Ohne diese Kompetenzen sind Schülerpraktikanten dazu verurteilt mit sehr eingeschränkter Sicht den Wissenschaftlern über die Schulter zu schauen, kleine Übungsaufgaben zu lösen oder einfache, repetitive Tätigkeiten (z.B. bei der Probenpräparation) zu übernehmen. Alternativ können sie zum Beispiel beim Aufbau und bei der Vorführung von Demonstrationsexperimenten in Vorlesungen helfen, was nach unserer Erfahrung zwar als interessant empfunden wird, aber mit dem Nachteil verbunden ist, keinen wirklichen Einblick in aktuelle Forschungstätigkeiten zu gewähren.

Deshalb wurden Workshop-Angebote für besonders interessierte und leistungsbereite Schülerinnen und Schüler neu konzipiert, die zum Beispiel dazu dienen können, im Vorfeld eines Schülerpraktikums ausgewählte Kompetenzen, die im Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren des SFB 917 von Interesse sein können, zu schulen. Dabei werden auf der einen Seite im *Arduino-Elektronik*- sowie im *Rasterkraft-Workshop* einige experimentelle Kompetenzen gefördert und auf der anderen Seite im *Python-Programmier-Kurs* Fähigkeiten des Programmierens und mathematischen Modellierens adressiert. Alle Projektkurse starten mit einer viertägigen Grundlagen-Phase, in der wesentliche Kenntnisse zu dem jeweiligen Inhaltsbereich vermittelt werden sollen. Am Ende eines Projektkurses erhalten die SchülerInnen Gelegenheit in Gruppenarbeit ein vorgegebenes oder selbstgewähltes Projektthema zu bearbeiten. Die Schülerinnen und Schüler werden dabei von Betreuern des Schülerlabors begleitet. Unter den vorgeschlagenen Projektthemen sind auch solche, die Teilaspekte von Bachelorarbeiten in den am SFB beteiligten Arbeitsgruppen behandeln. Sollte sich dabei eine Schülergruppe durch hohes Engagement oder interessante Erfolge auszeichnen, so können aufgabenspezifisch auch Mitarbeiter des SFB zur Betreuung der Gruppe hinzugezogen werden. Auch die Teilnahme an Wettbewerben wie dem *German Young Physicists' Tournament (GYPT)* oder *Jugend forscht* ist denkbar. Die Erprobungen von Teilen des *Arduino-Elektronik*- und des *Python-Programmier-Kurses* ist schon im Rahmen unseres Sommer-Ferienprogrammes *Schüleruni Physik* für die Sekundarstufe II geschehen. Die Nachfrage nach derartigen Projektkursen existiert: so möchten ca. 1/3 der Teilnehmenden der Schüleruni Physik über Neuigkeiten zu unseren Kursangeboten informiert werden. Bei den Teilnehmenden der MINT-Schüleruni aus der Sekundarstufe I sind ebenso ca. 1/3 der Befragten an weiteren Angeboten interessiert.

### Fazit

Eingebettet in ein Teilprojekt zur Öffentlichkeitsarbeit eines Sonderforschungsbereichs wurde ein Schülerlabor aufgebaut, das zunächst Angebote für Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 8 und 9 im Klassenverbund unterbreitet hat. Dafür wurden Module entwickelt, die einerseits wichtige inhaltliche Grundlagen des SFB vermitteln, andererseits auch erste praktische Einblicke in typische Arbeitsweisen heutiger Naturwissenschaftler und Ingenieure gewähren sollen. Der erfolgreiche Einsatz dieser Module wird durch die stetig gewachsenen Teilnehmerzahlen dieser Angebote belegt. Deshalb wurde aufbauend auf diesen Erfahrungen ein weiteres Modul entwickelt, das ältere Schülerinnen und Schüler im Kursverbund adressiert. Zusätzlich wurden Workshop-Angebote für besonders interessierte und leistungsbereite Schülerinnen und Schüler konzipiert, welche für die Teilnehmenden eine Brückenfunktion zu ersten eigenen Erfahrungen bei der (teilweisen) Bearbeitung möglichst authentischer Aufgaben aus dem Alltag eines Forschers am Beispiel des SFB übernehmen sollen.

**Literatur**

- Haupt O., Domjahn J., Martin U., Skiebe-Corrette P., Vorst S., Zehren W. und Hempelmann R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. In: MNU 66/6. (S. 324 – 330)
- Leiß, F., Detemple, R., Heinke, H. (2015). Planspiel zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (NAW) im Schülerlabor. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 543-545). Kiel: IPN.
- Leiß, F., Detemple, R., Heinke, H. (2016). Wie arbeiten Wissenschaftler? - Antworten aus dem Schülerlabor. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 503). Universität Regensburg
- Leiß, F., Detemple, R., Heinke, H. (2018). Ziele und Wege der Wissenschaftskommunikation im Schülerlabor. In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 612). Universität Regensburg



### **foeXlab – das Labor für Schülerinnen und Schüler des Outreachprojekts Ö im Sonderforschungsbereich CRC 1227 (DQ-mat)**

*foeXlab* ist ein Physik-Labor zum Experimentieren für Schülerinnen und Schüler.

Dieser Beitrag zeigt,

- wie der enge Wirkungsbezug des Labors *foeXlab* zu Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Wissenschaftskommunikation das Anforderungsprofil an Organisation und Inhalte schärft,
- welcher Theorie-Hintergrund konzeptionelle Entscheidungen für das *foeXlab* prägt und
- welche Forschungsansätze sich daraus ableiten.

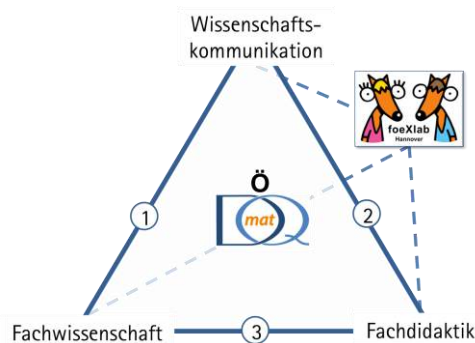


Abb. 1 Wirkfeld des Labors *foeXlab*

#### **Anforderungen an das Labor**

→ **Fachwissenschaft** Als Ö-Projekt des SFB DQ-mat zielt *foeXlab* darauf, Schülerinnen und Schülern die Welt zur Fachwissenschaft zu öffnen und Anreize für ein weiterführendes Engagement zu schaffen. Es bietet umgekehrt Nachwuchswissenschaftlern/Innen Möglichkeiten zur Darstellung ihrer Arbeit – attraktiv und herausfordernd durch besondere adressatenspezifische Anforderungen an die Erklärungen. Die konsequente Nutzung stochastisch geprägter Denkmuster und Experimente im *foeXlab* unterstützt die Orientierung auf aktuelle und moderne quantenmechanische Konzepte.

→ **Wissenschaftskommunikation** *foeXlab* entwickelt Programme zur Stärkung fachlichen Interesses und der naturwissenschaftlichen Bildung. Das Labor erfüllt damit Ansprüche der breiten Öffentlichkeit auf einen bildungsorientierten redlichen Transfer von Ergebnissen, Methoden und Anwendungen der Forschung durch fachdidaktisch und fachlich versierte Akteure (s. Konzeptpapier der Nationalen Initiative zur Förderung der Quantentechnologie von Grundlagen bis Anwendungen/QUTEGA).

→ **Fachdidaktik** Die Lehr-/Lernkonzepte im *foeXlab* sind durch fachdidaktische Forschungsergebnisse empirisch gestützt. Kognitiv aktivierende und anregende Lernprozesse begleiten im Labor die fachwissenschaftlichen Herausforderungen. Die Fachdidaktik liefert den theoretischen Bezugsrahmen für die konzeptionelle und qualitative Entwicklung des Angebotes. Sichtbar wird dieser enge Bezug beispielsweise durch die inhaltliche Ausrichtung von Qualifikationsarbeiten (Bachelor, Master) auf spezielle Aspekte wie bspw. Konzeptwechsel bei Veränderungen von Modellvorstellungen. Die fachlich/fachdidaktische Tandemstruktur der *foeXlab*-Leitung prägt spezifische Gelingensfaktoren des Labors: Auswahl und Bereitstellung der Experimente; Kopplung an curriculare Anforderungen, mögliche Arbeitsformen und schließlich die Reflexion und Evaluation der Erfahrungen.

### Dimensionen des Lehrens und Lernens im foeXlab

Das Labor foeXlab bietet Experimentier-, Lehr-/Lern- und Erfahrungsmöglichkeiten in vier unterschiedlichen konzeptionell abgegrenzten Dimensionen.

**foeXlab<sup>classic</sup>:** Als außerschulischer Lernort mit experimenteller Ausstattung in Kursgröße liefert das foeXlab<sup>classic</sup> durch seine enge Orientierung am KC eine attraktive Ergänzung schulischen Physikunterrichts.

- **Avanciert:** Die Kurse übersteigen vielfach schulische Möglichkeiten, z. B. Experimente zur statistischen Optik mit klassischem Licht und mit Einzelphotonen;
- **Aktivierend:** Die experimentelle Ausstattung erlaubt beim Experimentieren Hands-on für alle.
- **Austariert:** Thematisch stützt sich das foeXlab<sup>classic</sup> auf die curricularen Anforderungen und nutzt die Freiheiten eines außerschulischen Lernortes.
- **Authentisch:** Quantenoptische Experimente im foeXlab<sup>classic</sup> erzeugen ein authentisches Umfeld. Die so erreichte Nähe zu „richtiger“ physikalischer Forschung zielt wissenschaftskommunikativ auf einen Beitrag zu PUR (public understanding of research) ab.

**foeXlab<sup>LLL</sup>:** Das Labor bietet als Lehr-Lern-Labor Ressourcen für eine experimentell ausgerichtete Lehrveranstaltung für Lehramtskandidaten:

- In einem sorgfältig didaktisch reflektierten Umfeld machen Studierende in direkter Zusammenarbeit mit den Schülerinnen und Schülern praktische Erfahrungen als Vorbereitung für die spätere Berufspraxis;
- das Labor wird zum Medium für den Aufbau aktiven fachdidaktischen Wissens und
- ein wichtiges Ziel ist ein Beitrag zum selbstregulierten Aufbau professioneller Handlungskompetenz und zu reflektierter Handlungsfähigkeit für den Lehrberuf.

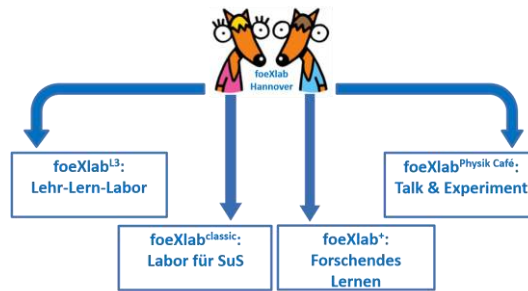


Abb. 2 Lehr-/Lerndimensionen im foeXlab

**foeXlab<sup>+</sup>:** Im Rahmen dieser Lehr-/Lerndimension im foeXlab durchlaufen besonders interessierte Schülerinnen und Schüler vollständige Forschungszyklen mit ausgewählten Experimenten. So realisiert diese Lehr-Lern-Dimension Forschendes Lernen. Die Zusammenarbeit mit den beteiligten Schülerinnen und Schülern ist auf die besonderen Anforderungen dieser Lernform abgestimmt: handlungsorientiert, eigenverantwortlich, selbstbestimmt und in hohem Maße kreativ. Die didaktische Forschungstätigkeit hat in diesem Bereich durch entsprechende Qualifikationsarbeiten und ein Promotionsprojekt begonnen.

**foeXlab<sup>Physik-Café</sup>:** Zu dieser als Teacher's Marketplace organisierten Veranstaltung werden Lehrkräfte eingeladen, um zu schulrelevanten Themen wie Interferometrie, Forschendes Lernen oder digitale Medien im Physikunterricht zu diskutieren und zu experimentieren. Das Labor liefert dazu Vorträge und Informationsmaterial als Input, verknüpft mit der Erwartung einer nachhaltigen Wirkung des Café-Besuchs.

### Theoretischer Hintergrund

**Fachdidaktik** bestimmt Arbeitsformen im foeXlab durch i) die Vision für authentisches Arbeiten im Sinne eines Forschungsprozesses, ii) einen erstrebten conceptual change vom Wellen- zum Quantenmodell sowie iii) weitestgehend selbstständiges Arbeiten:

- Der Bedarf an einer experimentell gestützten Auseinandersetzung mit der Quantenphysik auf Oberstufenniveau ist belegt (Schöne & Pospiech, 2015; Weber, 2018),
- ebenso die spezifischen Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler, sich sicher zwischen den Modellwelten „Wellen“ und „Quanten“ zu orientieren (Müller, 2003).
- Lehrkräfte äußern ein herausragendes Interesse an Experimenten, die die Grenze zwischen diesen Modellwelten ausleuchten (Weber, 2018).
- Ein experimentell ausgelöster kognitiver Konflikt liefert einen Weg, das Photonenkonzept im Interesse eines erfolgreichen Konzeptwechsels plausibel und fruchtbar werden zu lassen (Posner et al., 1982).
- Aktuelle fachdidaktische Forschung richtet sich u.a. auf positive Bedingungsfelder für den Konzeptwechsel, unterstützt durch Aspekte Forschenden Lernens.

Die **Fachwissenschaft** Physik liefert für das foeXlab sowohl den inhaltlichen Rahmen (höchstgenaue Interferometrie im SFB 1227 „Designed Quantum States of Mater“), als auch eine wissenschaftlich-technologische Perspektive, z. B. durch die Empfehlungen der „Nationalen Initiative zur Förderung der Quantentechnologie von Grundlagen bis Anwendungen“, QUTEGA/BMBF Mai 2016 für eine ambitionierte und umfassende Zielformulierung (Erforschung komplexer Quantensysteme durch Quanten-Kommunikation, Quanten-Computing, Quanten-Sensorik und Quanten-Simulation).

Der theoretische Rahmen für die **Wissenschaftskommunikation** im Outreach-Projekt foeXlab wird durch zwei Säulen bereitgestellt

- Die Funktion der Wissenschaftskommunikation ist evident (Dernbach et al., 2012): Aufklärung, Legitimation, kritische Reflexion, Einsicht in die Relevanz von Forschung und schließlich die Interessensförderung beim potenziellen Nachwuchs.
- Die Entscheidung im DQ-mat Outreachprojekt für den Aufbau des Labors für Schülerinnen und Schüler stützt sich auf einen wissenschaftshistorischen Befund. Während die Einbeziehung der Öffentlichkeit durch die Akteure in den Umweltwissenschaften eher zunimmt (citizen science, Golumbic et al 2017), haben andere Bereiche der Naturwissenschaften hier Nachholbedarf. So entzieht sich die Quantenphysik allein durch den epistemischen Charakter ihrer Theorie weitgehend der Popularisierung (Bensaude-Vincent, 2001). foeXlab setzt hier auf einen Langzeiteffekt durch bildungsorientierte Öffentlichkeitsarbeit und, umgekehrt, öffentlichkeitsorientierte Bildungsarbeit.

### Forschungsfragen

- Inwieweit lässt sich im Schülerlabor foeXlab ein Konzeptwechsel hinsichtlich des Wellenmodells zum Quantenmodell erzielen?
- Inwieweit gelingt durch den Besuch des Schülerlabors foeXlab eine Steigerung eines quantenphysikalischen Verständnisses?
- Inwieweit gelingt durch den Besuch des Schülerlabors foeXlab eine Imageveränderung der Wissenschaft Physik?
- Welche spezifischen Maßnahmen des Projektes Ö und der Forschungsprojekte des SFB DQ-mat tragen zu einer erfolgreichen Verbindung bei?
- In welchem Maße wird ein PUSH-Beitrag (Public Understanding of Science and Humanities) durch Science Education am außerschulischen Lernort foeXLab erkennbar?

We acknowledge financial support from DFG through CRC 1227 (DQ-mat), project Ö.

### Literatur

- Bensaude-Vincent, B. (2001). A genealogy of the increasing gap between science and the public, *Public Understand. Sci.* 10, 99.
- Dernbach, B., Kleinert & Chr., Münder, H. (Hrsg.) (2012). *Handbuch der Wissenschaftskommunikation* (S. 2 ff.). Wiesbaden: Springer VS.
- Golumbic N. Y., Orr, D., Baram-Tsabari and Fishbain (2017), G., *Between Vision and Reality: A Study of Scientists' Views on Citizen Science*, in *Citizen Science: Theory and Practice*, 2(1): 6, pp1-13, DOI <https://doi.org/10.5334/cstp.53>
- Müller, R. (2003). *Quantenphysik in der Schule*. Berlin: Logos-Verlag
- Nationale Initiative „Quantentechnologie – Grundlagen und Anwendungen“ (QUTEG) (2017). *Quantentechnologie – Grundlagen und Anwendungen*. BMBF
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education* 66(2), 211-227, New York
- Schöne, M. & Pospiech, G. (2015). Die Verbesserung der Lehramtsausbildung in der Quantenphysik. DPG Frühjahrstagung, Wuppertal
- Weber, K. A. (im Druck). *Quantenoptik in der Lehrerfortbildung*. Dissertation, Leibniz Universität Hannover

Moritz Waitzmann<sup>1</sup>  
 Tatjana K. Stürmer<sup>1</sup>  
 Rüdiger Scholz<sup>2</sup>  
 Susanne Weißnigk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Leibniz Universität Hannover,  
 Institut für Didaktik der Mathematik und  
 Physik, AG Physikdidaktik  
<sup>2</sup>Leibniz Universität Hannover,  
 Institut für Quantenoptik

### **Qualifikationsarbeiten zur inhaltlichen Ausrichtung des foeXlab**

Das Schülerlabor foeXlab ist das Teilprojekt Ö des Sonderforschungsbereichs CRC 1227 *DQ-mat* der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit dem experimentellen Schwerpunkt Interferometrie bis hin zur Quanten-Superposition. Mit seinem Angebot richtet es sich an Physikkurse der Sekundarstufe II Niedersachsens.

Für die angemessene Aufbereitung von Lerninhalten bedarf es einer fachlich fundierten und fachdidaktisch reflektierten Sichtweise. In diesem Rahmen wurden einige Themenfelder, wie die Entwicklung experimenteller Lernstationen oder die Untersuchung ausgewählter, fachdidaktischen Fragestellungen im Zusammenhang mit Bachelor- und Masterarbeiten von Studierenden behandelt.

Die Anfertigung von Qualifikationsarbeiten im foeXlab ermöglicht es Studierenden den Inhalt aktueller Forschung mit dem Lernen von Physik zu verknüpfen. Dabei werden anspruchsvolle Themen wie statistische Optik, Interferenz und Quantenmechanik aus fachdidaktischer und fachwissenschaftlicher Perspektive beleuchtet. Durch die Zusammenarbeit zwischen Fachdidaktik und Fachwissenschaft ist es möglich, Arbeiten anzufertigen, deren Schwerpunkt in einem weiten Spektrum von der Fachdidaktik zur Fachwissenschaft ausgewählt werden kann.

Hier werden Arbeiten aus zwei Bereichen vorgestellt:

- Experimentelle Lernstationen zur binären Optik
- Forschendes Lernen und Conceptual Change

#### **Lernstationen zur binären Optik**

Der Argumentation von Scholz, Friege und Weber (2016, 2018) folgend, ermöglichen Experimente zur Statistik optischer Fluktuationen und deren Messung mit Binärzählern einen Zugang zur Quantenphysik. Die Statistik der Photoelektronen (Mandel, 1958/59) zusammen mit der Messung von Signalkorrelationen in einfachen Koinzidenzexperimenten liefern die empirische Evidenz für die Notwendigkeit eines Wechsels der Modellvorstellung für das Phänomen Licht: Von der Welle zum Photon. Grundlegende Versuche dazu wurden von Waitzmann (2016) im Rahmen der Bachelorarbeit durchgeführt. Dabei konnte unter anderem die Komplementarität der beiden Ausgänge eines Mach-Zehnder-Interferometers mit Hilfe der Verteilungen der Zählraten eines Photomultipliers gezeigt werden. Eine adressatengerechte didaktische Aufbereitung der mathematisch-formalen Erklärung sowie eine angemessene didaktische Aufbereitung des stochastischen Zusammenhangs von Zählrate und Ereignis wurde von Stürmer (2018) vorgenommen. Dazu wurden digitale gestützte Lernstationen entwickelt und mit Studierenden des ersten Semesters erprobt. Ziel dieser Arbeit war es auch mit Hilfe der stochastischen Grundlagen und einer Verknüpfung mit der statistischen Optik einen interdisziplinären Überlapp mit dem Mathematikunterricht aufzuzeigen. Im Weiteren wurde die statistische Optik als Wegbereiter für die Quantenoptik (Scholz, Friege & Weber, 2016) didaktisch rekonstruiert.

Eine Ausarbeitung von Lernstationen zum Thema Quantenoptik wurde von Rehkamp (2017) vorgenommen. Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden ausgehend von Schülervorstellungen zur Quantenphysik (Müller, 2003) fünf Lernstationen zu den Wesenszügen der Quantenphysik (in Anlehnung an (Kübelbeck & Müller, 2002) entwickelt. Eine Konkretisierung der ersten Station wurde von Schwarz (2017) vorgenommen. Zentrales Experiment dieser Station ist das Experiment von Hong Ou und Mandel (kurz HOM), welches die Interferenz zweier korrelierter Photonen thematisiert. Die Erklärung des HOM-Effekts gelingt nur mit Hilfe einer quantenphysikalischen Beschreibung des Lichtes (Hong, Ou & Mandel, 1987). Dazu wurden die fachlichen Inhalte didaktisch rekonstruiert und Lernmaterialien erstellt. Die Station wurde von zwei Oberstufenkursen eines Gymnasiums getestet und der Einsatz abschließend evaluiert.

### **Forschendes Lernen und Conceptual Change**

In den Qualifikationsarbeiten im Bereich Forschendes Lernen und Conceptual Change liegt der Schwerpunkt stärker auf der fachdidaktischen Perspektive.

Der vom foeXlab antizipierte Lernweg beginnt mit der Interferometrie elektromagnetischer Wellen (Michelson- bzw. Mach-Zehnder-Interferometer). Dabei wird intendiert, dass Lernenden die Notwendigkeit für einen Konzeptwechsel vom Strahlenmodell zum Wellenmodell des Lichts erkennen. Inwieweit dies gelingt, war bisher nicht bekannt.

Um sich dieser Fragestellung nähern zu können, bedarf es Kenntnis über die Modellvorstellungen der Lernenden zum Licht. Im Rahmen einer Masterarbeit wurde von Rösler (2018) erhoben, in welchem Umfang Lernende auf das Strahlenmodell zurückgreifen können und insbesondere, ob den Lernenden Grenzen und Potenzial dieses Modells bekannt sind. Dazu wurde zunächst ein halbstrukturierter Interviewleitfaden, auf Grundlage einer fachlichen Klärung erstellt und mit vier Lernenden pilotiert. Nach einer Optimierung des Bogens wurden 14 Lernende der Sekundarstufe II in qualitativen Interviews zu beiden Modellen sowie dem Gültigkeitsbereich des Strahlenmodells befragt. Dabei stellte sich heraus, dass die Befragten zwar ein gefestigtes und kontextungebundenes Verständnis des Wellenmodells aufweisen, jedoch in Bezug auf das Strahlenmodell über ein unzureichendes Wissen verfügen: Das Wissen dazu ist stark kontextgebunden sowie auf die Phänomene Brechung und Reflexion begrenzt. Zudem sind die Grenzen des Strahlenmodells sowie die Verbindung der Modelle und deren hypothetischer Anteil unbekannt. Daher kann daraus die Annahme erfolgen, dass eine Konzeptweiterung nicht als notwendig angesehen wird.

In einer weiteren Masterarbeit wurde Forschendes Lernen als zentrale Methode in Schülerlaboren (Euler, Schüttler und Hausmann, 2015) untersucht. Ausgehend von der Feststellung, dass bisher keinerlei abbildendes Messinstrument für dieses Lernarrangement besteht, wurde zunächst eine Abbildung des Handlungsschemas nach Bell (2007) auf das 5E-Modell nach Bybee (2006) vorgenommen und auf Grundlage dessen der von Jovanivic und Steinbach-King (1998) entwickelte Beobachtungsbogen adaptiert. Im physikalischen Sommerpraktikum des Instituts für Quantenoptik phySiqo wurde eine erste positive Eignungsprüfung des Instruments vorgenommen (Waitzmann, 2018).

### **Ausblick**

Die beschriebenen Arbeiten zeigen, dass das inhaltliche Angebot des Labors foeXlab mit Hilfe von Qualifikationsarbeiten angemessen weiterentwickelt werden kann und somit ein wichtiger Beitrag für die Entwicklung des foeXlab als außerschulischer Lernort geleistet wird. Es ist beabsichtigt auch in Zukunft das foeXlab als Raum für Qualifikationsarbeiten unter fachdidaktischen und fachwissenschaftlichen Gesichtspunkten zu nutzen.

Zudem bilden die bisherigen Qualifikationsarbeiten einen Anknüpfungspunkt für das im September 2018 gestartete Dissertationsprojekt:

Im Physikunterricht der Oberstufe wird zweimal bei der Betrachtung von Licht ein neues Modell eingeführt: Zunächst lernen Schülerinnen und Schüler nach der Einführung des Strahlenmodells in der Mittelstufe das Wellenmodell und Licht als elektromagnetische Welle kennen. Anschließend ist ein Konzeptwechsel vom Wellen- zum Quantenmodell notwendig. Dabei ist neben internalen Faktoren wie beispielsweise die Präkonzepte der Lernenden die Lernumgebung ein Prädiktor für das Gelingen eines solchen Konzeptwechsels (Vosnaidou et al., 2001). Erfolgreiches Lernen kann gelingen, wenn Lernende ermutigt werden ihr Wissen selbstständig zu konstruieren und ihre Kompetenzen durch aktive Teilnahme am Lernprozess erwachsen (ebd.). Eine Möglichkeit Lernende zu aktivieren und zu Gestaltern des Lernprozesses zu machen, ist das Forschende Lernen (Bell, 2007). Wobei bereits Rocard et al (2007) aufzeigten, dass forschendes Lernen geeignet erscheint, um den Kompetenzzuwachs bei Lernenden angemessen zu ermöglichen.

Im Rahmen des Dissertationsprojektes soll untersucht werden, inwieweit der intendierte Lernweg des Labors foeXlab für Schülerinnen und Schülern in Verbindung mit forschendem Lernen einen Konzeptwechsel vom Wellen- zum Quantenmodell des Lichtes ermöglicht.

**We acknowledge financial support from DFG through CRC 1227 (DQ-mat), project Ö**

### Literatur

- Bell, T. (2007): Entdeckendes und forschendes Lernen. In Silke Mikelskis-Seifert und Thorid Rabe (Hrsg): Physik Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II. Berlin: Cornelsen Verlag Kap.4. S.70-81
- Bybee, R. W., Taylor, J.A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A. & Landes, N. (2006): The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness. Bradley Stroke. url:[https://uteach.wiki.uml.edu/file/view/UTeach\\_5Es.pdf.355111234/UTeach\\_5Es.pdf](https://uteach.wiki.uml.edu/file/view/UTeach_5Es.pdf.355111234/UTeach_5Es.pdf) (Abgerufen: 15.05.18)
- Euler, M., Schüttler T. & Hausmann, D. (2015). Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln. In Ernst Kircher, Raimund Girwids & Peter Häußler (Hrsg): Physikdidaktik- In Theorie und Praxis. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. S. 759-781
- Hong, C.-K., Ou, Z.-Y. & Mandel, M. (1987). Measurement of Subpicosecond Time Intervals between Two Photons by Interference. In: Physical Review Letter, Vol.59, Nr.18
- Jovanovic, J. & Steinbach-King, S. (1998). Boys and Girls in the Performancebased Classroom: Who's Doing the Performing. In: American Education Research Journal 35.3, S.477-496
- Küblbeck, J. & Müller, R. (2002): Die Wesenszüge der Quantenmechanik. Köln: Aulis-Verlag.
- Mandel, L. (1958/59). Fluctuations of Photon Beams- The Distribution of the Photo-Electrons. In: Proceedings of the Physical Society, Vol.74, No. 3
- Müller, R. (2003). Quantenphysik in der Schule. In: H. Niedderer und H. Fischler (Hrsg.). Studien zum Physiklernen Bd.26. Berlin: Logos-Verlag
- Rehkamp, D. (2017). Eine Einführung in die Quantenphysik in der Schule mit Hilfe des optischen Strahlteilers. (Unveröffentl.) Master Thesis. Hannover: Leibniz Universität Hannover.
- Roccard, M., Csermely P., Jorde, D., Lenzen D., Walberg-Hendriksson, H. & Hemmo, V. (2007). Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. European Commission- Directorate-General for Research.
- Rösler, J. (2018). Modellwechsel beim Licht- Schülervorstellungen. (Unveröffentl.) Master Thesis. Hannover: Leibniz Universität Hannover
- Scholz R., Friege G. & Weber K.-A. (2016). Undergraduate experiments on statistical optics. In European Journal of Physics 37 No.5
- Scholz R., Friege G. & Weber K.-A. (2018). Undergraduate quantum optics: experimental steps to quantum physics. In European Journal of Physics 39 No. 5
- Schwarz, D. (2017). Ausarbeitung und Durchführung von Lernstationen für das Schülerlabor foeXlab. (Unveröffentl.) Master Thesis. Hannover: Leibniz Universität Hannover
- Stürmer, T.-K. (2018). Stochastik und statistische Optik im foeXlab. (Unveröffentl.) Master Thesis. Hannover: Leibniz Universität Hannover
- Vosniadou, S., Ionnides, C., Dimitrakopoulou, A. & Papademetriou, C. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. Learning and Instruction (4-5),381-319.
- Waitzmann, M. (2016): Zählen in der Optik- Statistische Optik mit dem Mach-Zehnder Interferometer. (Unveröffentl.) Bachelor Thesis. Hannover: Leibniz Universität Hannover.
- Waitzmann, M. (2018): Forschendes Lernen im Schülerlabor foeXlab. (Unveröffentl.) Master Thesis. Hannover: Leibniz Universität Hannover



Carolin Enzingmüller<sup>1</sup>  
 Daniel Laumann<sup>1</sup>  
 Lorenz Kampschulte<sup>2</sup>  
 Ilka Parchmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel  
<sup>2</sup>Deutsches Museum München

## **Kommunikation interdisziplinärer Forschung im Bereich *Biomagnetic Sensing***

Medizintechnische Diagnosesysteme spielen eine wichtige und in Zukunft weiter wachsende Rolle in der Gesundheitsversorgung. Gerade der Einsatz von mobilen Systemen, etwa zur häuslichen Langzeitüberwachung der Herzfunktion, ermöglicht hier ganz neue diagnostische Ansätze. Um solche komplexen Messsysteme zu entwickeln bzw. auf den medizinischen Einsatz hin zu optimieren, bedarf es einer intensiven Kooperation zwischen unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen. Ein Beispiel für eine solche Verbundforschung ist der Kieler Sonderforschungsbereich (SFB) 1261 *Biomagnetic Sensing*, in dem Forschende aus Materialwissenschaft, Elektrotechnik und Medizin hochempfindliche Magnetfeldsensoren für den medizinischen Einsatz entwickeln. Während im SFB die Grundlagenforschung zur Entwicklung der Sensoren mit medizinischer Eignung im Fokus steht, dient in den Bildungs- und Öffentlichkeitsansätzen die medizinische Anwendung als Ausgangskontext für verschiedene Formate der Wissenschaftskommunikation. Für die Zielgruppe der Schülerinnen und Schüler entsteht in enger Kooperation mit der Fachforschung eine Lehr-Lerneinheit für die Sekundarstufe II. Die Forschungsinteressen, -theorien und -methoden des SFB liefern vielfältige Ansatzpunkte für authentische Einblicke in Wissenschaft (Parchmann et al., 2017). Für die hier vorgestellte Lehr-Lerneinheit werden zwei Schwerpunkte gesetzt: Erstens wird die medizinische Anwendung genutzt, um die Bedeutung physikalisch-technischer Grundlagenforschung für das eigene Leben bzw. die Gesellschaft aufzuzeigen und so bei Schülerinnen und Schülern Interesse zu wecken (Stichwort *Relevanz*). Zweitens wird durch die Einbindung digitaler Medien ein authentischer Einblick in die Prozesse interdisziplinärer Forschung gegeben (Stichwort *Nature of Science*).

### **Theoretischer Hintergrund und Zielsetzung**

Das Fach Physik gilt im Vergleich zu anderen Fächern als eher unbeliebt und uninteressant, insbesondere bei Schülerinnen. Dies ist insofern problematisch, als dass motivationale Variablen, wie das Interesse, Lernprozesse beeinflussen und den Erfolg des Unterrichts maßgeblich mitbestimmen (Bybee & McCrae, 2011; Krapp & Prenzel, 2011). Als Ursachen der ablehnenden Haltung gelten die Wahrnehmung von Physik als schwieriges Unterrichtsfach sowie die fehlende wahrgenommene Alltagsrelevanz der erlernten Inhalte (Gilbert, 2006). Eine mögliche Strategie, physikalische Lerninhalte attraktiver zu gestalten, ist daher die Arbeit mit Kontexten. Dabei ist die Kernidee, stärker fachsystematische Lerninhalte in einen Anwendungszusammenhang einzubetten, der auch außerhalb des Unterrichts bedeutsam ist und damit ihre Relevanz aufzuzeigen (Gilbert, 2006; Parchmann & Kuhn, 2018). Mit der wahrgenommenen inhaltsbezogenen Relevanz steigen potentiell wiederum Motivation und Interesse auf Seiten der Lernenden (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007).

Für die Lehr-Lerneinheit wurde ein authentisches medizinisches Anwendungsgebiet der SFB-Forschung, die Herzdiagnostik, als Ausgangsmotivation gewählt. Medizinische und humanbiologische Kontexte werden von Schülerinnen und Schülern als besonders attraktiv eingeschätzt (Hoffmann, Häussler & Lehrke, 1998; Sjøberg & Schreiner, 2010). In Implementationsstudien konnte das situationale Interesse im Physikunterricht durch den Einsatz solcher Kontexte nachweislich gesteigert werden (Berger, 2002). Darüber hinaus

lassen sich über den Kontext der Herzdiagnostik gesellschaftliche Implikationen medizinischer Innovationsforschung diskutieren und so auch Kompetenzen im Sinne einer *Scientific Literacy* fördern. Die naturwissenschaftlich-technischen Inhalte werden über das Konzept der Interdisziplinarität authentisch mit der medizinischen Anwendung verknüpft. Über die Funktion einer inhaltlichen Klammer hinaus bietet sich hier die Gelegenheit, soziale und kooperative Komponenten moderner Forschung herauszustellen – Aspekte, die in der didaktischen Literatur zu *Nature of Science* zunehmend an Bedeutung gewinnen (Heering & Kremer, 2018) und insbesondere bei Mädchen Potential haben könnten, Interesse an Naturwissenschaften zu fördern (Wentorf, Höffler & Parchmann, 2015). Weitergedacht in Richtung beruflicher Orientierungen bieten authentische Einblicke in interdisziplinäre Kooperationsforschung die Chance, ein differenziertes Bild moderner Forschung jenseits fachbezogener Proto- und Stereotypen zu vermitteln.

### Methodisches Vorgehen

Die Entwicklung der genannten Lehr-Lerneinheit erfolgt nach dem Design-Based Research-Ansatz. Im Sinne von Reinmann (2005) wird dabei einerseits angestrebt, Unterrichtsmaterialien zu entwickeln, die aktuelle Probleme der Bildungspraxis adressieren und andererseits generalisierbare theoretische oder empirische Befunde, hier mit einem Fokus auf affektive Variablen sowie *Nature of Science*, abzuleiten. Das in diesem Sinne als „nutzenorientierte Grundlagenforschung“ (Fischer, Waibel & Wecker, 2005, S. 433) zu charakterisierende Projekt orientiert sich hinsichtlich der methodischen Vorgehensweise am klassischen iterativen Vorgehen des Design-Based Research mit den Phasen *Design*, *Implementation*, *Analyse* und *Re-Design* (Design-Based Research Collective, 2003). Die Entwicklung erfolgt im Rahmen von drei (Design-)Zyklen, wobei die Implementation jeweils entweder in Form eines Praxistests (Zyklus 2) oder zur Generierung von Feedback durch die Forschenden des SFB 1261 (Zyklus 1) bzw. die Lehrkräfte (Zyklus 3) ausgeführt wird. Auf diese Art und Weise sollen die gemäß der didaktischen Rekonstruktion relevanten Perspektiven als strukturierendes Merkmal der Durchführung des Design-Based Research-Projektes genutzt werden (Kattmann, Duit, Großengießer & Komorek, 1997).

### Inhalte und Struktur der Lehr-Lerneinheit

Zur Adressierung der erstgenannten Anforderung eines Design-Based Research-Projektes, d.h. der unterrichtspraktischen Implikation, gilt es im Sinne der didaktischen Rekonstruktion zu klären, wie die fachlichen Inhalte und Konzepte des SFBs elementarisiert werden können (fachliche Klärung), um von Lernende nachvollzogen sowie sinnstiftend genutzt zu werden (Erfassen von Schülerperspektiven) und gleichsam den Anforderungen der Anwendung der Lehr-Lerneinheit im schulischen Kontext nachzukommen (didaktische Strukturierung).

Die Inhalte und die Struktur der Lehr-Lerneinheit beziehen sich auf die vier zentralen Forschungsbereiche der *Anwendungen (I)*, *Materialien (II)*, *Sensorkonzepte (III)* sowie der *Signalverarbeitung (IV)* des zugehörigen SFBs und umfassen jeweils spezifische Fachinhalte, siehe Abbildung 1. Innerhalb der *Anwendungen* werden ausgehend von einer Problemstellung, und zwar dem hohen Anteil an kardiologischen Erkrankungen an den Todesursachen in Deutschland, diagnostische Verfahren erläutert und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit diskutiert. Dabei wird der biomagnetische Diagnoseansatz eingeführt. Der Bereich *Materialien* umfasst mit Magnetostriktion und Piezoelektrizität zwei Effekte, die in den Lehrplänen vorhandene Grundlagen des Elektromagnetismus und der Atomphysik nutzen und auf in der Schule typischerweise vernachlässigte Phänomene beziehen. Beide Effekte bilden die Grundlage für die Entwicklung unterschiedlicher *Sensorkonzepte* im SFB und ermöglichen Lernenden im Rahmen der Lehr-Lerneinheit die Auseinandersetzung mit magnetoelektrischen (Biegebalken-)Sensoren zur Detektion magnetischer Felder. Die

Diskussion unterschiedlicher Verfahren der *Signalverarbeitung* ermöglicht durch die Betrachtung der erforderlichen Randbedingungen einen Rückbezug zur Problemstellung. Der interdisziplinäre Charakter des SFB spiegelt sich durch den Bezug zu den naturwissenschaftlichen Disziplinen Biologie (Bereich I), Physik (Bereiche II bis IV) und Chemie (Bereich II) wider. Auf instruktionaler Ebene wird der vergleichsweise selten kommunizierte Aspekt der Interdisziplinarität u.a. durch Advance Organizer und Statements von SFB-Forschenden explizit gemacht. Der Einbezug von Lehrkräften und Lernenden im Entwicklungsprozess stellt sicher, dass die Lehr-Lerneinheit für den Regelunterricht der genannten Fächer sinnvoll nutzbare Inhalte und Aktivitäten umfasst und somit der Anforderung einer direkten unterrichtspraktischen Implikation nachkommt.

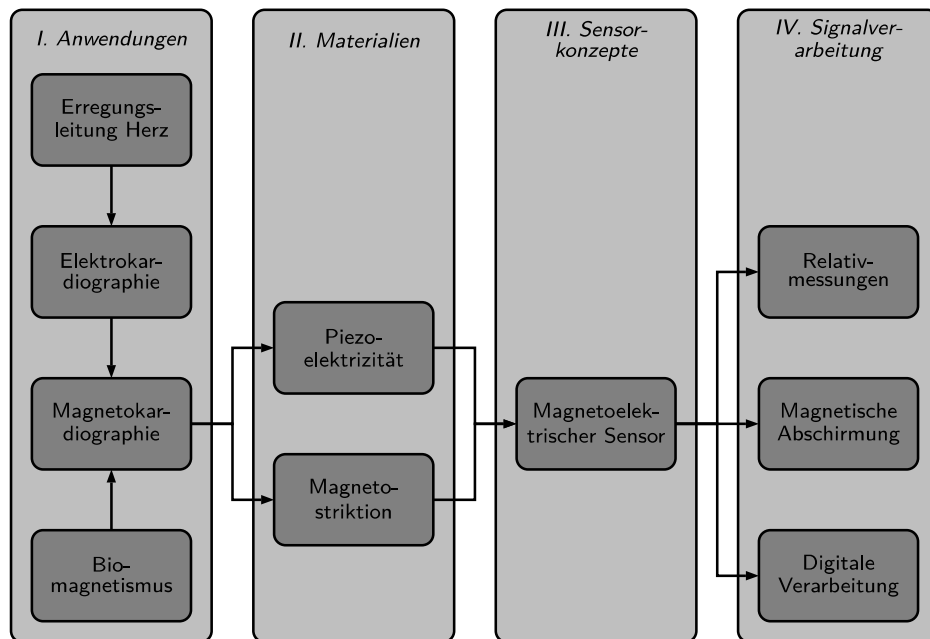


Abb.1 Inhalte und Struktur der Lehr-Lerneinheit Biomagnetic Sensing

### Ausblick

Im Sinne der zweitgenannten Anforderung eines Design-Based Research-Projektes, d.h. der Ableitung generalisierbarer theoretischer oder empirischer Befunde, soll das Forschungsprojekt Erkenntnisse über Schülerinteressen im Rahmen interdisziplinärer Instruktionen liefern. Zwar wurden in einer Reihe von Fragebogenstudien thematisch differenzierte Unterschiede im Interesse der Lernenden an inhaltlichen Kontexten nachgewiesen (Häußler, Hoffmann, Langeheine, Rost & Siever, 1998; Sjøberg & Schreiner, 2010). Wie van Vorst und Kollegen (2015) kritisch anmerken, fehlt diese Differenzierung jedoch häufig in Implementationsstudien. In einem ersten Schritt soll daher das Interessekonstrukt mit Bezug zu den Schulmodulinhalten ausdifferenziert werden, d.h. es soll untersucht werden, welche Teilinhalte der kommunizierten SFB-Forschung im Spannungsfeld zwischen Medizin und Technologie (vgl. Abb. 1) von bestimmten Schülergruppen als interessant wahrgenommen werden. In einem zweiten Schritt werden die Effekte der interdisziplinären Intervention in einem Pre-/Post-/Follow-up-Design erforscht. Unter anderem wird untersucht, bei welchen Schülergruppen das situationale Interesse gesteigert bzw. gesenkt wird und welche Variablen hierbei Erklärungswert haben (z.B. Proto- und Stereotypen).

## Literatur

- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91 (3), 347-370.
- Berger, R. (2002). Einfluss kontextorientierten Physikunterrichts auf Interesse und Leistung in der Sekundarstufe II. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 8 (1), 119-132.
- Bybee, R. & McCrae, B. (2011). Scientific literacy and student attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education*, 33 (1), 7-26.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5-8.
- Fischer, F., Waibel, M. & Wecker, C. (2005). Nutzenorientierte Grundlagenforschung im Bildungsbereich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 8 (3), 427-442.
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of "context" in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28 (9), 957-976.
- Häussler, P., Hoffman, L., Langeheine, R., Rost, J. & Sievers, K. (1998). A typology of students' interest in physics and the distribution of gender and age within each type. *International Journal of Science Education*, 20 (2), 223-238.
- Heering P. & Kremer K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 105-119.
- Hoffmann, L., Häussler, P., & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. IPN-Schriftenreihe 158. Kiel: IPN.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3-18.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33 (1), 27-50.
- Parchmann, I., Schwarzer, S., Wilke, T., Tausch, M. & Waitz, T. (2017). Von Innovationen der Chemie zu innovativen Lernanlässen für den Chemieunterricht und darüber hinaus. *CHEMKON*, 24 (4), 161–164.
- Parchmann, I. & Kuhn, J. (2018). Lernen im Kontext. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 193-207.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33 (1), 52-69.
- Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2010). *The ROSE project: An overview and key findings*. Oslo: University of Oslo.
- Van Vorst, H., Dorschu, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H. & Sumfleth, E. (2015). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 29-39.
- Wentorf, W., Höffler, T. N. & Parchmann, I. (2015). Schülerkonzepte über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern. Vorstellungen, korrespondierende Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 207-222.

### **Perspektiven auf Medieneinsatz beim Lehren und Lernen im MINT-Bereich**

Laut der Strategie der Kultusministerkonferenz zur „Bildung in der digitalen Welt“ gilt es (angehende) Lehrkräfte auf die Nutzung digitaler Medien für unterrichtliche Lehr-Lern-Prozesse vorzubereiten (KMK, 2016). Da das Lehren und Lernen mit digitalen Medien nicht länger als Querschnittsaufgabe der Lehramtsbildung angesehen wird, sondern als integraler Bestandteil aller Unterrichtsfächer beschrieben wird, müssen alle Lehrkräfte Expertinnen und Experten für den Einsatz von digitalen Medien in ihren jeweiligen Fächern werden. In diesem Zusammenhang ist nicht nur der Einsatz von digitalen, sondern auch von analogen Medien zu berücksichtigen und die jeweils mitunter spezifischen Möglichkeiten eines Mediums. Diesem aktuellen Thema der Bildungsforschung hat sich das Postersymposium für den MINT-Bereich aus unterschiedlichen Perspektiven gewidmet. Neben der Ausstattung von Lernorten mit Medien werden vor allem die Kompetenzen der (angehenden) Lehrkräfte und des pädagogischen Personals sowie mögliche Lehrformate für die erste Phase der Lehramtsbildung in den Blick genommen. In diesem Klammerbeitrag werden diese Themenaspekte eingeführt und zunächst grundsätzliche Überlegungen zum Lehren und Lernen mit (digitalen) Medien dargelegt.

#### **Lehren und Lernen mit (digitalen) Medien**

Aufgrund der zunehmenden Einführung digitaler Medien erschließen sich neue Möglichkeiten Lehr-Lern-Prozesse anzulegen und zu unterstützen. Grund dafür ist die funktionale Variabilität von Medien, insbesondere von digitalen Medien (Schwanewedel, Ostermann & Weigand, 2018). Nach Petko (2014) können den digitalen Medien fünf unterschiedliche Funktionen zukommen: (1) Medien als Informations- und Präsentationsmittel, (2) Medien zur Gestaltung von Lernaufgaben, (3) Medien als Werkzeuge und Arbeitsmittel, (4) Medien zur Lernberatung und Kommunikation und (5) Medien zur Prüfung und Beurteilung. Welche konkreten Funktionen einem Medium zugeschrieben werden können, hängt zum einen grundsätzlich von dem Medium selbst aber auch von dessen Einbindung in eine Lerngelegenheit ab (Lindmeier, 2018; Schwanewedel, Ostermann & Weigand, 2018).

Im Zusammenhang mit der Einführung digitaler Medien spricht Kerres (2016) von „Bildungs(arbeit) mit digitalen Medien“, um deutlich zu machen, dass das Lehren und Lernen mit digitalen Medien keinen Selbstzweck erfüllt. Bildung findet immer noch im Fach statt und muss folglich fachliche Bildungsziele adressieren, die es auch beim Einsatz digitaler Medien nicht außer Acht zu lassen gilt. Außerdem betont Kerres (2016), dass sich die Bildungsarbeit in einem Transformationsprozess befindet, bei dem die gesamte Wertschöpfung der Wissenserschließung und -kommunikation Änderungen unterworfen ist. Dies bedeutet, dass bei der Transformation neben den digitalen Medien auch die analogen Medien in den Blick genommen werden müssen, um Fragen nach einer sinnvollen Substitution analoger durch digitale Medien oder einer zielführenden Ergänzung beider Medientypen beantworten zu können. Schwanewedel, Ostermann und Weigand (2018) heben diesbezüglich hervor, dass es dazu die Bandbreite möglicher Funktionen von Medien vor dem Hintergrund fachlicher Lernziele zu analysieren gilt und dass außerdem mögliche Veränderungen von Lernzielen durch den Transformationsprozess zu beachten sind.

#### **Befunde zur Ausstattung von Schulen mit Medien**

Im Zuge der Digitalisierung des Bildungsbereichs bedarf es differenzierter Befunde zur derzeitigen Ausstattung von Lernorten mit (digitalen) Medien. Diese geben zum einen

Orientierung hinsichtlich etwaiger Investitions- und Anschaffungsbedarfe für Städte und Kommunen sowie zur Orientierung hinsichtlich etwaiger Fort- und Weiterbildungsbedarfe bei (angehenden) Lehrkräften. Um einen Überblick zu erhalten, wurden in den vergangenen Jahren (repräsentative) Umfragen unter Lehrkräften durchgeführt (z. B. „Digitale Schule – vernetztes Lernen“, „Sonderstudie Schule digital“, „Monitor digitale Bildung“, „Digitale Medien im mat.-nat. Unterricht“ oder „Schule digital – Länderindikator“).

Die Ergebnisse des Länderindikators belegen für den Bereich der schulischen Ausstattung mit digitalen Medien einen deutlichen Nachholbedarf (Lorenz & Endberg, 2017). Nur etwas mehr als die Hälfte der befragten Lehrkräfte schätzte die eigene Schule als ausreichend mit digitalen Medien ausgestattet ein. Aus Sicht des MINT-Bereichs ist von Bedeutung, dass zwischen den Lehrkräften für MINT-Fächer und denjenigen für andere Fächer keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Ausstattung von Schulen mit Medien analysiert werden konnten (Lorenz & Endberg, 2017). Offenbar sind Fachräume im MINT-Bereich nicht per se besser ausgestattet, als die Schulen insgesamt.

### **Befunde zur Nutzung von Medien in Schulen**

Zum anderen bedarf es evidenzbasierter und evaluierter Konzepte zur zielführenden Nutzung von Medien in Lehr-Lern-Prozessen. Kuhn, Ropohl und Groß (2017) beschreiben zwei mögliche Zugänge, um fachdidaktische Mehrwerte durch die Einführung digitaler Werkzeuge herzustellen: (1) einen kognitionspsychologischen Zugang und (2) einen unterrichtsorganisatorischen Zugang. Aus kognitionspsychologischer Perspektive kann beispielsweise die Kombination unterschiedlicher externer Repräsentationen lernförderlich sein und gerade durch digitale Medien erst möglich werden (z.B. Ainsworth, 2006; Höffler & Leutner, 2007). Aus unterrichtsorganisatorischer Perspektive können digitale Medien bei der Durchführung von Lehr-Lern-Methoden eingesetzt werden, beispielsweise zur sozialen Interaktion beim Lernen in kooperativen Lernszenarien (Kerres, 2013). Zudem ermöglichen sie eine höhere zeitliche und örtliche sowie soziale Flexibilität des Lernens. Außerdem können sich durch die individuelle Anpassung des Lerntempos und der Mediennutzung im Durchschnitt kürzere Lernzeiten ergeben.

In einer frühen Untersuchung wurden fächerübergreifend Handlungsskripts von Lehrkräften analysiert (Müller, Blömeke & Eichler, 2006). Unterschieden wurden das lehrerzentrierte und das schülerzentrierte Skript sowie das Mischskript. Diese kombinieren die beschriebenen Zugänge auf unterschiedliche Weise und erreichen damit eine unterschiedliche Unterrichtsqualität. Dem schülerzentrierten Skript werden die höchste Qualität und damit der höchste Nutzen hinsichtlich des Medieneinsatzes zugesprochen. Dieses Skript beinhaltet am häufigsten Aufgaben mit hohem kognitiven Anforderungsgehalt und mit differenzierenden Schwierigkeitsgraden. Die Steuerung digitaler Medien wird von den Schülerinnen und Schülern verantwortet. Die Lernzeit wird am effektivsten genutzt.

Einen ersten umfassenden Einblick in die Nutzung von digitalen Medien in Schulen speziell für den MINT-Bereich gibt der Länderindikator. Lehrkräfte wurden zur Nutzung von digitalen Medien hinsichtlich von vier möglichen Funktionen beim Lehren und Lernen befragt. Diese sind: (1) Visualisierung von Unterrichtsinhalten, (2) Recherchen, (3) individuelle Förderung und (4) Kommunikation oder Kooperation. Auf Grundlage der Befragung kommen Eickelmann, Lorenz und Endberg (2017) zu dem Schluss, dass in Bezug auf die Nutzung von Medien für eine der vier Funktionen ein hohes Entwicklungspotenzial auszumachen ist.

Über die berichteten ersten Ansätze hinaus, gibt es derzeit keine gesicherten Erkenntnisse mit welchem Zweck digitale Medien oder auch Medien im Allgemeinen im MINT-Bereich genutzt werden.

### **Kompetenzen von Lehrkräften zur Nutzung von Medien**

Die Ausstattung von Lernorten mit digitalen Medien sowie deren zielführende Nutzung für fachliche Lehr-Lern-Prozesse erfordert entsprechende fach- und mediendidaktische Kompetenzen auf Seiten der Lehrkräfte. Bei der Beschreibung entsprechender Kompetenzen steht das sogenannte TPACK-Modell im Fokus, welches aus einer stärker mediendidaktischen Perspektive Kompetenzen von Lehrkräften beim Medieneinsatz im Fach modelliert (Mishra & Koehler, 2006). Das Modell postuliert neben den von Shulman (1986, 1987) beschriebenen Facetten des Professionswissens von Lehrkräften, Fachwissen (content knowledge, CK) und pädagogisches Wissen (pedagogical knowledge, PK), die Facette des technologischen Wissens (technological knowledge, TK). Technologisches Wissen ist Wissen über die Bedienung und Nutzung digitaler Technologien. Aus den Überschneidungsbereichen zwischen diesen Facetten leiten die Autoren des Modells das mediendidaktische Wissen (technological pedagogical content knowledge, TPACK bzw. TPACK) ab. Dieses wird definiert als das Wissen einer Lehrkraft über das Unterrichten spezifischer Inhalte unter Zuhilfenahme digitaler Medien, die das Lernen von Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichen affektiven und kognitiven Voraussetzungen am besten unterstützen (Angeli, Valanides & Christodoulou, 2016). Nicht zuletzt deswegen seiner Komplexität steht das Modell in der Kritik (Brantley-Dias & Ertmer, 2013). Eine umfassende empirische Prüfung dieses theoretisch abgeleiteten Modells und der empirischen Trennbarkeit seiner Facetten steht bisher aus. Offen ist zudem, mit welchen Lehrformaten für die Lehramtsbildung nötige Kompetenzen bei zukünftigen Lehrkräften und pädagogischem Personal an außerschulischen Lernorten aufgebaut werden können.

### **Überblick über die Beiträge des Postersymposiums**

Ein Ziel des Symposiums ist die Präsentation von Untersuchungen, die den Medieneinsatz im MINT-Bereich sowohl an schulischen wie außerschulischen Lernorten analysieren. Dazu wurden Ergebnisse aus Befragungen von Lehrkräften und pädagogischem Personal sowie aus der Analyse von Unterrichtsvideos berichtet. Die Befunde geben einen Einblick in die von diesen Personenkreisen genutzten Medien beim Lehren und Lernen im MINT-Bereich sowie in die dem Medieneinsatz zugeschriebenen Funktionen im Hinblick auf den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler.

Das zweite Ziel des Symposiums ist die Präsentation von Lehrformaten für die Lehramtsbildung im MINT-Bereich, die Aspekte der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften beim Einsatz von Medien adressieren und fördern. Gerade in diesem Bereich gilt es die Studieninhalte den veränderten Rahmenbedingungen anzupassen.

Folgende Posterbeiträge wurden auf der Tagung präsentiert:

- „Wie nutzen MINT-Lehrkräfte Medien? – Ergebnisse einer Befragung“ von Ostermann, A., Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ropohl, M. & Schwanewedel, J.
- „Einsatz analoger und digitaler Medien an außerschulischen Lernorten“ von Kampschulte, L., Müller, F., Ostermann, A., Ropohl, M., Schwanewedel, J., Härtig, H. & Lindmeier, A.
- „Videoanalyse zum Einsatz digitaler Medien im Biologieunterricht“ von Kramer, M., Förtsch, C., Aufleger, M. & Neuhaus, B.J.
- „App-Entwicklung im Seminar ‚AppLaus‘ – Evaluationsergebnisse“ von Arnold, J., Mahler, D. & Mühling, A.
- „Making Science VisiBLE: Professionswissen zu Erklärvideos fördern“ von Bruckermann, T. & Mahler, D.
- „Augmented Reality in der Lehramtsausbildung“ von Stolzenberger, C., Böhm, D., Trefzger, T. & Wolf, N.

## Literatur

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16 (3), 183–198.
- Angeli, C., Valanides, N. & Christodoulou, A. (2016). Theoretical considerations of technological pedagogical content knowledge. In M.C. Herring, M.J. Koehler & P. Mishra (Hrsg.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators*. New York & London: Routledge, 11–30.
- Brantley-Dias, L. & Ertmer, P.A. (2013). Goldilocks and TPACK: Is the construct “just right?”. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(2), 103–128.
- Eickelmann, Lorenz & Endberg (2017). Lernaktivitäten mit digitalen Medien im Fachunterricht der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe & J. Vahrenhold (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2017*. Münster: Waxmann, 231–260.
- Höffler, T.N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction* 17 (2007), 722–738
- Kerres, M. (2016). E-Learning oder Digitalisierung in der Bildung: Neues Label oder neues Paradigma? *Grundlagen der Weiterbildung – Praxishilfen*, 7.30.10.80, 159–171.
- Kerres, M. (2013). *Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote*. München: Oldenbourg Verlag.
- KMK (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Berlin: KMK.
- Kuhn, J., Ropohl, M. & Groß, J. (2017). Fachdidaktische Mehrwerte durch Einführung digitaler Werkzeuge. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 11–32.
- Lindmeier, A. (2018). Innovation durch digitale Medien im Fachunterricht? Ein Forschungsüberblick aus fachdidaktischer Perspektive. In M. Ropohl, A. Lindmeier, H. Härtig, L. Kampschulte, A. Mühling & J. Schwanewedel (Hrsg.), *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 55–97.
- Lorenz & Endberg (2017). IT-Ausstattung der Schulen der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich und im Trend von 2015 bis 2017. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe & J. Vahrenhold (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2017*. Münster: Waxmann, 49–83.
- Mishra, P. & Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Müller, C., Blömeke, S. & Eichler, D. (2005). Unterricht mit digitalen Medien – zwischen Innovation und Tradition? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 632–650.
- Petko, D. (2014). *Einführung in die Mediendidaktik – Lehren und Lernen mit digitalen Medien*. Weinheim & Basel: Beltz.
- Schwanewedel, J., Ostermann A. & Weigand, H.-G. (2017). Funktionale Variabilität von Medien als besondere Herausforderung. In M. Ropohl, A. Lindmeier, H. Härtig, L. Kampschulte, A. Mühling & J. Schwanewedel (Hrsg.), *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 14–37.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.



Anje Ostermann<sup>1</sup>  
 Hendrik Härtig<sup>2</sup>  
 Lorenz Kampschulte<sup>3</sup>  
 Anke Lindmeier<sup>1</sup>  
 Mathias Ropohl<sup>2</sup>  
 Julia Schwanewedel<sup>4</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel  
<sup>2</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>3</sup>Deutsches Museum München  
<sup>4</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

## **Wie nutzen MINT-Lehrkräfte Medien? Erste Ergebnisse einer Befragung**

Aus bildungsadministrativer Sicht finden sich die Forderungen nach Medieneinsatz im Fachunterricht top-down auf allen Ebenen verordnet (BMBF, 2016; KMK, 2016; KMK, 2004a, 2004b, 2004c). Untersuchungen zur aktuellen Praxis des Medieneinsatzes an Schulen (vgl. z. B. BITKOM, 2015; Initiative D21, 2016; Bertelsmann-Stiftung, 2017) fokussieren jedoch oft nur auf Ausstattungsmerkmale bzw. sehr allgemeine Nutzungsindikatoren. Der fachspezifische Blick auf und die damit einhergehenden Besonderheiten der Mediennutzung rücken bisher nur selten in den Fokus (Lorenz, Endberg & Eickelmann, 2017). Für die weitere Entwicklung von mediengestütztem Unterricht ist aber gerade die fachspezifische Perspektive wichtig (Härtig, Kampschulte, Lindmeier, Ostermann, Ropohl & Schwanewedel, 2018). Der aktuelle Stand des Medieneinsatzes im math.-nat. Unterricht ist jedoch kaum beschrieben.

### **Ziele und Fragestellung**

Ziel des Projekts „MiU – Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht“, in dessen Rahmen die hier vorgestellte Befragung durchgeführt wurde, ist unter anderem eine Beschreibung der aktuellen Angebots-Nutzungs-Struktur von Medien im math.-nat. Unterricht. Zudem sollen Einflussfaktoren auf Seiten der schulischen Rahmenbedingungen und der Lehrperson identifiziert werden. Es ergeben sich folgende erste Fragestellungen:

- Welche Medien nutzen Lehrkräfte im math.-nat. Unterricht? (1)

Unter Festlegung eines Medientyps:

- Wie ist die Ausstattung in Bezug auf bestimmte Medien, auf welche die Lehrkräfte für den math.-nat. Unterricht zurückgreifen können? (2)
- Wie häufig nutzen Lehrkräfte diese bestimmten Medien im math.-nat. Unterricht einer Klasse? (3)

### **Stichprobe**

Für die Beantwortung der oben genannten Fragestellungen wurden Lehrkräfte ( $N = 328$ ) aus ganz Deutschland befragt. Von diesen Lehrkräften unterrichteten 161 Mathematik, jeweils 73 Biologie und Chemie und 85 Physik (Mehrfachnennungen möglich). Die Rekrutierung erfolgte einerseits über den Kontakt mit Schulen und andererseits, indem Lehrkräfte auf einschlägigen Lehrkräftetagungen (z. B. MNU-Bundeskongress) direkt angesprochen und auf die Befragung aufmerksam gemacht wurden.

### **Fragebogen**

Der Fragebogen wurde online und postalisch eingesetzt. Er gliedert sich in einen allgemeinen Teil, der für alle Teilnehmenden gleich ist, und einen fachspezifischen Teil, in dem die fachspezifische Nutzung von Medien für die Fächer Mathematik, Biologie, Chemie und Physik erfragt wird.

Der allgemeine Teil erhebt Hintergrundvariablen zu der Person, Einstellungen gegenüber digitalen Medien im Allgemeinen (BITKOM, 2014), Einstellungen gegenüber digitalen

Medien im Unterricht (Lindau, Kübler & Spada, 2013) und die Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf den Einsatz von Medien im Unterricht (adaptiert nach Meinhardt, Rabe & Krey, 2016).

Der fachspezifische Teil erfragt die Nutzung spezifischer Medien. Dazu wird in einem Begleittext eine prototypische Situation konkretisiert, in der die Klassenstufe und das Thema der Unterrichtseinheit beispielhaft vorgegeben werden. Die Lehrkräfte sollen dann für eine eigene ähnliche Unterrichtseinheit angeben, welche Medien sie nutzen und die typische Nutzungsdauer schätzen (vgl. Abb. 1). Es besteht die Möglichkeit, weitere Medien zu ergänzen, um individuelle Medienentscheidungen erfassen zu können.

| Von den ca. 360 Minuten einer durchschnittlichen Unterrichtseinheit nutzen die Schülerinnen und Schüler ... |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| ... ein gegenständliches Modell                                                                             | ca. _____ Minuten. |
| ... eine virtuelle Lernumgebung                                                                             | ca. _____ Minuten. |
| ... ein reales Experiment                                                                                   | ca. _____ Minuten. |
| ... ein Smartphone                                                                                          | ca. _____ Minuten. |

Abb. 1: Auszug aus der Abfrage der Nutzung verschiedener Medien.

Des Weiteren werden im Fragebogen je Fach zwei Medientypen differenzierter betrachtet. Dabei handelt es sich bei den naturwissenschaftlichen Fächern um die Medientypen *Modelle/Modellexperiment* und *virtuelle Lernumgebungen*. Für diese wurde jeweils die Verfügbarkeit sowie die Funktionen, die sie im eigenen Unterricht typischerweise übernehmen, erhoben. Die Operationalisierung erfolgt ähnlich wie bei Sailer, Murböck und Fischer (2017) über die Lernaktivitäten beim Medieneinsatz, wurde aber für den hier vorliegenden Zweck fachspezifisch unter Zuhilfenahme der in den Bildungsstandards der Fächer beschriebenen potenziellen Medienfunktionen und fachdidaktischer Literatur ausdifferenziert (vgl. Abb. 2). Um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten, werden die Lehrkräfte aufgefordert, an eine konkrete Klasse zu denken.

| Wie oft führen Ihre Schülerinnen und Schüler folgende Lernaktivitäten bei der Nutzung von Modellen im Biologieunterricht typischerweise durch? Denken Sie dabei an eine <b>konkrete Klasse</b> , die Sie in Biologie unterrichten.<br><b>Meine Schülerinnen und Schüler nutzen Modelle im Biologieunterricht ...</b> | In keiner oder fast keiner Unterrichtsstunde | In weniger als der Hälfte der Unterrichtsstunden | In mindestens der Hälfte der Unterrichtsstunden | In jeder oder fast jeder Unterrichtsstunde |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| ... zum Reflektieren, in welchem Verhältnis Modell und Wirklichkeit zueinander stehen.                                                                                                                                                                                                                               | <input type="checkbox"/>                     | <input type="checkbox"/>                         | <input type="checkbox"/>                        | <input type="checkbox"/>                   |
| ... zur Deutung von Struktur- und Funktionsbeziehungen.                                                                                                                                                                                                                                                              | <input type="checkbox"/>                     | <input type="checkbox"/>                         | <input type="checkbox"/>                        | <input type="checkbox"/>                   |

Abb. 2: Auszug aus der Abfrage der Nutzungsweise des Medientyps Modelle/Modellexperimente am Beispiel Biologie.

### Erste ausgewählte Ergebnisse

(1) Die erste Frage bezog sich wie oben dargestellt auf die von den Lehrkräften im Physik-, Biologie- oder Chemieunterricht genutzten Medien. Es zeigt sich, dass – ohne Berücksichtigung der angegebenen Nutzungsdauern – das reale Experiment, das gegenständliche Modell und das Schulbuch am häufigsten angegeben werden: Sowohl für das Fach Chemie als auch für Physik geben etwa 80 % der befragten Lehrkräfte an, das reale Experiment in ihrem Unterricht einzusetzen. Die Nutzung des Schulbuchs geben in beiden Fächern etwa 70 % der Lehrkräfte an. Gut die Hälfte der Chemie- bzw. Physiklehrkräfte geben an, gegenständliche Modelle zu nutzen. In der Biologie werden mit geringfügigem Unterschied

alle drei Medien von etwa drei Viertel der Lehrkräfte genannt. Es zeigen sich also erwartungsgemäß fachspezifische pointierte Nutzungsarten der Medien.

(2) In Bezug auf die Verfügbarkeit der Modelle bzw. Modellexperimente geben die Lehrkräfte an, dass diese überwiegend vorhanden sind. Trotzdem hat etwa ein Fünftel der Biologie-, Chemie- und Physiklehrkräfte keinen Zugang zu Modellen bzw. Modellexperimenten. Die Lehrkräfte, die angeben über Modelle und Modellexperimente zu verfügen, geben in der Mehrheit an, zufrieden oder eher zufrieden mit der Ausstattung zu sein.

Der Zugang zu virtuellen Lernumgebungen ist im Gegensatz dazu für Biologie- und Chemielehrkräfte deutlich eingeschränkt: Zeigt sich bei Physiklehrkräften mit 20 % ohne Zugang ein ähnliches Bild wie für Modelle und Modellexperimente, sieht die Lage bei Chemie- (40 % ohne Zugang) und Biologielehrkräften (50 % ohne Zugang) deutlich schlechter aus. Der offenbar schlechtere Zugang zu virtuellen Lernumgebungen schlägt sich auch in einer geringeren Zufriedenheit mit der Ausstattung von virtuellen Lernumgebungen an den Schulen nieder (positive Einschätzung Biologielehrkräfte: 20 %, Chemie: 40 %, Physik: 50 %). Die Ausstattung mit virtuellen Lernumgebungen im nat. Unterricht ist also nach Angabe der Lehrkräfte noch zu verbessern.

(3) Zur Mediennutzung im Unterricht wurden nur Angaben der Lehrkräfte berücksichtigt, die die genannten Medien zur Verfügung hatten. Es zeigt sich, dass die Nutzung von Modellen/Modellexperimenten und virtuellen Lernumgebungen bezogen auf die Unterrichtsstunden einer Klasse eher intermittierend ist. Im Mittel wird – auf einer Skala, die von keiner Nutzung bis durchgängige Nutzung reicht (s. Abb. 3) – eine Nutzung in weniger als der Hälfte der Unterrichtsstunden angegeben.

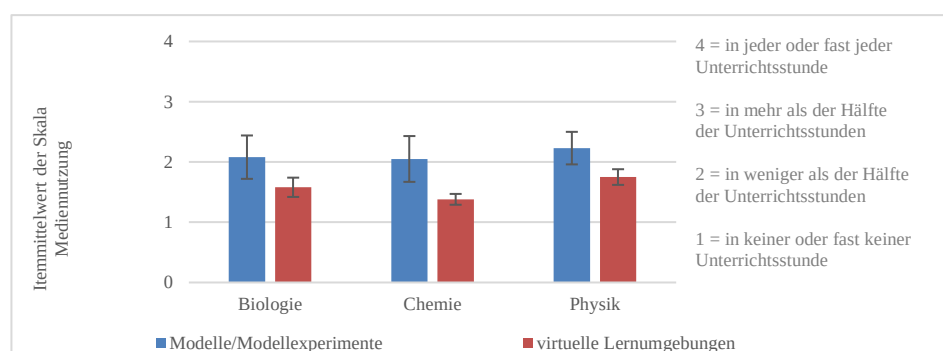


Abb. 3: Mittlere Häufigkeit der Mediennutzung über alle Lernaktivitäten hinweg.

### Ausblick

Die hier vorgestellten Ergebnisse sind erste Deskriptiva zum Medieneinsatz im math.-nat. Unterricht. Zunächst wurde der Blick auf die verwendeten Medienarten sowie die Ausstattung, Verfügbarkeit und Nutzungshäufigkeit für spezifische Medien gerichtet. Es sei darauf hingewiesen, dass die Studie zurzeit allerdings nur eingeschränkt Schlüsse auf die Qualität der Mediennutzung im Fachunterricht ermöglicht. Die verschiedenen Funktionen des Medieneinsatzes (siehe Abb. 2) werden allerdings im fachdidaktischen Diskurs durchaus auch im Hinblick auf Nutzungsqualitäten diskutiert. Im nächsten Schritt sollen die Analysen auf das Fach Mathematik erweitert und weitere Bedingungsfaktoren der Mediennutzung auf Seiten der Lehrkräfte und auf Schulebene berücksichtigt werden, um Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung von mediengestütztem Fachunterricht zu erlangen.

Diese Studie ist im Rahmen des Projekts „MiU – Medieneinsatz im Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Unterricht“ entstanden, welches von der Joachim Herz Stiftung gefördert wird.

## Literatur

- Bertelsmann Stiftung (2017). Monitor digitale Bildung. Die Schulen im digitalen Zeitalter. <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/monitor-digitale-bildung-9/> Abgerufen am 10.10.2018.
- BITKOM (2015). Digitale Schule - vernetztes Lernen. Ergebnisse repräsentativer Schüler- und Lehrerbefragungen zum Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht. <https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2015/Studien/Digitale-SchulevernetztesLernen/BITKOM-Studie-Digitale-Schule-2015.pdf>. Abgerufen am 28.08.18.
- BMBF (2016). Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft. Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Berlin: BMBF. [https://www.bmbf.de/files/Bildungsoffensive\\_fuer\\_die\\_digitale\\_Wissensgesellschaft.pdf](https://www.bmbf.de/files/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf) Abgerufen am 18.11.2016.
- Eickelmann, B., Lorenz, R. & Endberg, M. (2017). Lernaktivitäten mit digitalen Medien im Fachunterricht der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe & J. Vahrenhold (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2017*. Münster: Waxmann, 231–260.
- Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ostermann, A., Ropohl, M. & Schwanewedel, J. (2018). Wie lässt sich Medieneinsatz im Fachunterricht beschreiben? In M. Ropohl, A. Lindmeier, H. Härtig, L. Kampschulte, A. Mühling & J. Schwanewedel (Hrsg.), *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 175–192.
- Initiative D21 (2016): Sonderstudie „Schule Digital“. Lehrwelt, Lernwelt, Lebenswelt: Digitale Bildung im Dreieck SchülerInnen-Eltern-Lehrkräfte. Berlin.
- KMK (2004a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. Bonn: KMK.
- KMK (2004b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. Bonn: KMK.
- KMK (2004c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. Bonn: KMK.
- KMK (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 8.12.2016. Bonn: KMK.
- Lindau, B., Kübler, S. & Spada H. (2013). Entwicklung und Überprüfung eines Modells der Bereitschaft zum Medien- und Technologieeinsatz bei weiblichen und männlichen Lehramtsstudierenden, *Unterrichtswissenschaft*, 41, 20–37.
- Meinhardt, C., Rabe, T. & Krey, O. (2016). Selbstwirksamkeitserwartung in physikdidaktischen Handlungsfeldern. Skaldokumentation. [https://www.pedocs.de/volltexte/2016/11818/additional/Meinhardt\\_2016\\_Selbstwirksamkeitserwartungen\\_komprimiert.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2016/11818/additional/Meinhardt_2016_Selbstwirksamkeitserwartungen_komprimiert.pdf) Abgerufen am 22.09.2018.
- Sailer, M., Murböck, J., & Fischer, F. (2017). Digitale Bildung an bayerischen Schulen–Infrastruktur, Konzepte, Lehrerbildung und Unterricht. [https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2017/Downloads/Bi-0146-001\\_vbw\\_Studie\\_Digitale-Bildung-an-bayerischen-Schulen.pdf](https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2017/Downloads/Bi-0146-001_vbw_Studie_Digitale-Bildung-an-bayerischen-Schulen.pdf) Abgerufen am 12.10.2018.

Lorenz Kampschulte<sup>1</sup>  
 Felix Müller<sup>2</sup>  
 Anje Ostermann<sup>2</sup>  
 Mathias Ropohl<sup>3</sup>  
 Julia Schwanewedel<sup>4</sup>  
 Hendrik Härtig<sup>3</sup>  
 Anke Lindmeier<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Deutsches Museum  
<sup>2</sup>IPN Kiel  
<sup>3</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>4</sup>HU Berlin

### Einsatz analoger und digitaler Medien an außerschulischen Lernorten

Lernangebote an außerschulischen Lernorten (ASL) folgen meist anderen Ansätzen als Angebote im schulischen Kontext. In der Schule liegt der Fokus primär auf dem Neuerwerb von Wissen, außerschulische Lernorte dienen eher der Festigung und Integration des bestehenden Wissens mit einem besonderen Augenmerk auf der Vertiefung, Ausdifferenzierung und Verfeinerung des Gelernten (Falk & Dierking, 1998). Diese andere Ausrichtung der Lernumgebungen ist einer der Gründe, warum an außerschulischen Lernorten eine deutlich höhere Medienvielfalt und -spezialisierung anzutreffen ist (Hawkey, 2004; Schwan et al., 2008).

Über die Einsatzszenarien und den Umfang der Mediennutzung weiß man allerdings relativ wenig. Die hier präsentierte Studie beschreibt welche Medien mit welcher Funktion an außerschulischen Lernorten eingesetzt werden. Dabei wurden bewusst sowohl digitale als auch klassische (analoge) Medien einbezogen.

Für die Studie wurden über 250 außerschulische Lernorte in Deutschland recherchiert und angeschrieben, wobei der Schwerpunkt auf Schülerlaboren und Museen/Ausstellungen lag. Die Einrichtungen wurden gebeten, in einem Online-Fragebogen die eingesetzten Medien und deren Einsatzzweck zu benennen sowie den Umfang der Nutzung abzuschätzen. Insgesamt haben 81 Lernorte an der Befragung teilgenommen. Abbildung 1 zeigt die Charakteristika der außerschulischen Lernorte in der realisierten Stichprobe.



Abb. 1: Struktur der außerschulischen Lernorte in der Studie; Insgesamt haben 81 Lernorte teilgenommen.

### Funktionen der eingesetzten Medien

Petko (2014) definiert für den Einsatz von Medien im (Schul-)Unterricht fünf zentrale Funktionsbereiche:

- Medien als Informations- und Präsentationsmittel
- Medien zur Gestaltung von Lernaufgaben
- Medien als Werkzeug und Arbeitsmittel
- Medien zur Lernberatung und Kommunikation

- Medien zur Prüfung und Beurteilung

Petkos Modell wurde für die Beschreibung des Einsatzes von digitalen Medien im Schulunterricht geschaffen. Dieselben Funktionen finden sich jedoch auch beim Einsatz von Medien an außerschulischen Lernorten, so dass sich das Modell hier übertragen lässt. Zusätzlich wurden für diese Studie klassische (analoge) Medien mit aufgenommen, deren Funktionen sich ebenfalls in die fünf Kategorien aus Petkos Modell eingliedern lassen.

In der Studie wurden die Teilnehmenden gebeten, den Medieneinsatz an ihrem außerschulischen Lernort zu charakterisieren. Dafür wurden sie in einer Online-Umfrage nach den am außerschulischen Lernort eingesetzten Medien und dem jeweiligen Einsatzzweck gefragt. Die oben genannten Funktionskategorien dienten dabei als Rahmen, so dass die Medien für jede Kategorie einzeln abgefragt wurden. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Funktionen, die an den befragten Lernorten mit unterschiedlichen Medien adressiert werden. So können beispielsweise eine PowerPoint-Präsentation, eine Informationsbroschüre und ein Funktionsmodell gleichermaßen (und gegebenenfalls auch parallel) dazu genutzt werden, einen thematischen Zusammenhang zu präsentieren (Funktion Informations- und Präsentationsmittel). Wenn alle drei Medien von einem Lernort in dieser Kategorie erwähnt werden, sind sie in der Auswertung auch dreimal gezählt.

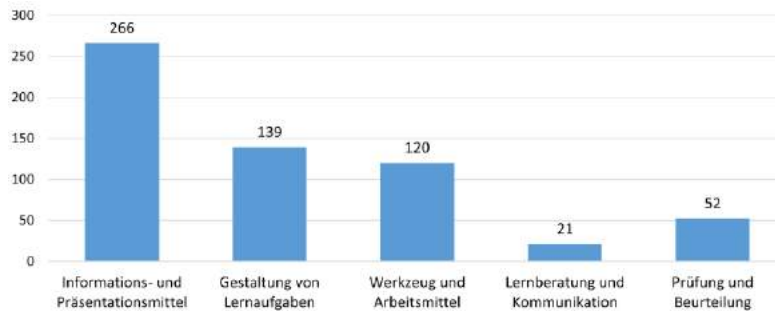


Abb. 2: Funktionen der an außerschulischen Lernorten eingesetzten Medien (Mehrfachnennungen möglich, Gruppierung nach Petko (2014), N=79)

Wie zu erwarten werden Medien am häufigsten für die Funktion *Information- und Präsentation* eingesetzt. Betrachtet man den Inhalt der Kategorie etwas genauer, zeigt sich, dass – obwohl außerschulische Lernorte gemeinhin aktionsorientiert sind und die Arbeit meist in Kleingruppen abläuft – fast alle Lernorte einen Einführungs- und/oder Abschlussteil mit PowerPoint-/Beamerpräsentation haben. Zudem ist der Einsatz von Informationsblättern und Originalobjekten beliebt. Die Nutzung von Medien für die *Gestaltung von Lernaufgaben* und der Einsatz von *Werkzeugen und Arbeitsmitteln* sind gerade für außerschulische Lernorte bedeutende Bestandteile, was sich in der hohen Nutzungsrate widerspiegelt. Bei *Lernaufgaben* kommen überwiegend Arbeitsblätter zum Einsatz, deutlich seltener werden dafür Infotafeln/Bilder/Karten/Bücher eingesetzt. In der Kategorie *Werkzeug und Arbeitsmittel* finden sich erwartungsgemäß viele verschiedene Medien, v.a. diverse Messgeräte und Experimente. Die Interaktion zwischen Betreuenden und Teilnehmenden ist an außerschulischen Lernorten überwiegend durch die direkte Kommunikation geprägt, so dass die Medienanzahl in der Kategorie *Lernberatung und Kommunikation* sehr gering ausfällt. Insgesamt werden Medien an außerschulischen Lernorten also überwiegend als Informationsmittel sowie im Zusammenhang mit der Durchführung der Aktivitäten am Lernort (Aufgabenstellung, Arbeitsmittel) genutzt.

### Medienvielfalt

In der Studie zeigt sich die erwartete große Vielfalt der an außerschulischen Lernorten eingesetzten Medien. Für die Darstellung im folgenden Teil wurden Kategorien von Medienarten gebildet und die Anzahl der Nennungen ohne Berücksichtigung, wofür diese Medien genutzt werden, aufsummiert. Auf diese Weise entsteht ein Gesamtbild der Medienvielfalt an den außerschulischen Lernorten der Stichprobe.

Teilt man die Medien in digitale und analoge Medien auf, zeigt sich ein deutlicher Vorsprung der analogen Medien (334 Nennungen) vor den digitalen Medien (166 Nennungen). Für 89 Medieneinsätze ist keine klare Zuordnung möglich, so kann zum Beispiel ein Medium aus der Kategorie Messgerät/Datenanalyse/Simulation sowohl ein analoges als auch ein digitales Medium sein.

Praktisch alle befragten Lernorte setzen Arbeits-/Informationsblätter oder -karten ein, meist in mehreren Funktionen (z. B. als Arbeitsanweisung für Versuche und als Evaluationsbogen). Ebenso werden an fast allen Lernorten Messgeräte, Geräte zur Datenanalyse oder Simulation, Taschenrechner oder ähnliche Werkzeuge eingesetzt, ebenso wie Präsentationen (meist mit Beamer), etwa für Einführungen ins Thema. Originalobjekte sind immerhin an der Hälfte der Lernorte im direkten Einsatz mit Schülerinnen und Schülern.

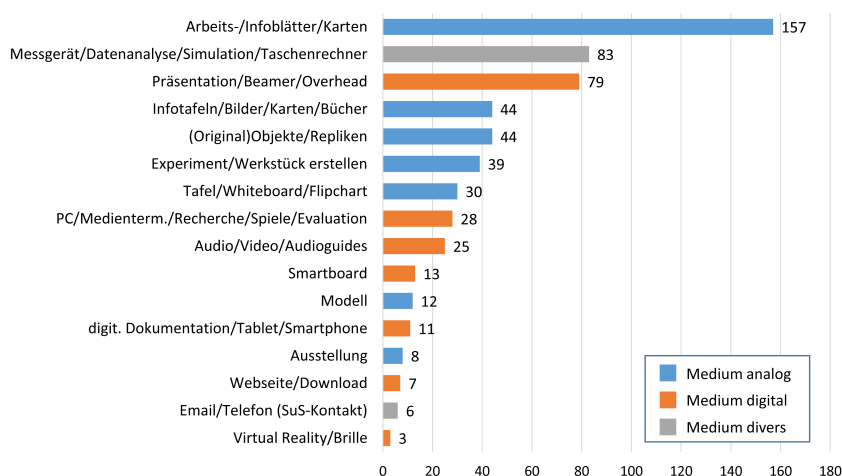


Abb. 3: Auflistung der an außerschulischen Lernorten eingesetzten Medien nach Einsatzhäufigkeit. Die farbige Codierung zeigt die Art der Medien (blau = analog, rot = digital, grau = indifferent), Mehrfachnennung möglich, N=79.

Abbildung 3 gibt einen groben Überblick über die gruppierten Medienarten, verdeckt allerdings teilweise die wahre Breite der Medien innerhalb der Kategorien – allein in der Kategorie Messgerät/Datenanalyse/Simulation finden sich über 40 unterschiedliche Medien, die von den außerschulischen Lernorten genannt werden. Smartphones und Tablets sind mittlerweile an vielen außerschulischen Lernorten im Einsatz. Hier sind sie der Einsatzfunktion folgend v.a. den Kategorien Messgerät/Datenanalyse/..., PC/Medienterminal/Recherche/... und digitale Dokumentation/... zugeordnet. Interessant ist allerdings, dass gerade kollaborative digitale Medien, wie etwa interaktive Touchtische, in den Antworten der außerschulischen Lernorte nicht erwähnt werden.

Diese Studie ist im Rahmen des Projekts „MiU – Medieneinsatz im Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Unterricht“ entstanden, das von der Joachim Herz Stiftung gefördert wird.

### Literatur

- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (1998). *The museum experience*. Washington, DC: Whalesback Books.
- Hawkey, R. (2004). Learning with digital technologies in museums, science centres and galleries (A NESTA futurelab research report, No. 9). <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190496/document>. Abgerufen am 10.10.18.
- Kampschulte, L. (2018). Lernorte mit Medien vernetzen – Chancen und Herausforderungen der lernortübergreifenden Mediennutzung. In: Ropohl, M., Lindmeier, A., Härtig, H., Kampschulte, L., Mühling, A., Schwanewedel, J. (Hrsg.): *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht – Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen*, Verlag der Joachim Herz Stiftung, 138-174.
- Petko, D. (2014). *Einführung in die Mediendidaktik. Lehren und Lernen mit digitalen Medien*. Weinheim: Beltz.
- Schwan, S., Zahn, C., Wessel, D., Huff, M., Herrmann, N. & Reussner, E. (2008). Lernen in Museen und Ausstellungen – die Rolle digitaler Medien. *Unterrichtswissenschaft*, 36(2), 117-135.



Till Bruckermann<sup>1</sup>  
Daniela Mahler<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel

### **Making Science VisiBLLe: Professionswissen zu Erklärvideos fördern**

Digitale Technologien haben das Potenzial, aktive Lernprozesse anzubahnen. In aktiven Lernprozessen wenden Schüler\*innen ihr Wissen an, um Inhalte zu diskutieren oder Problemstellungen zu bearbeiten. Unterricht sollte möglichst viel Zeit für aktive Lernprozesse bieten. Damit im Unterricht Zeit für Wissensanwendung (z. B. Lage et al., 2000) und Diskussion ist, wird die Wissensvermittlung in die Zeit vor dem Unterricht ausgelagert. Diese Methode ist als *Flipped Classroom* bekannt (z. B. Weidlich & Spannagel, 2014). Im naturwissenschaftlichen Unterricht profitieren insbesondere das naturwissenschaftliche Arbeiten im Labor von der Wissensvermittlung außerhalb der Unterrichtszeit, da das Vorwissen als WahrnehmungsfILTER die Informationsverarbeitung beeinflusst (Rollnick et al., 2001). Erst durch die Wissensanwendung beim Experimentieren werden kognitive Lernprozesse aktiviert, die über das bloße psychomotorische Manipulieren von Geräten hinausgehen (z. B. Hofstein & Lunetta, 2004). Der Anteil kognitiver Lernprozesse beim Experimentieren im Unterricht lässt sich also erhöhen, wenn ausreichend Vorwissen vermittelt wird. Deshalb werden Erklärvideos zur Wissensvermittlung sowohl in naturwissenschaftlicher Forschung (Evagorou, Erduran & Mäntylä, 2015) als auch im naturwissenschaftlichen Studium (z. B. Jordan et al., 2016) eingesetzt.

#### **Erklärvideos fördern naturwissenschaftliches Arbeiten**

Erklärvideos unterstützen die Wissensvermittlung im Kontext des *Flipped Classroom* (Weidlich & Spannagel, 2014). Erklärvideos werden in der kognitionspsychologischen Forschung auch als dynamische (audio)-visuelle Repräsentationen bezeichnet (Merkel & Schwan, 2016), die deklaratives und prozedurales Wissen vermitteln. Es gibt Hinweise, dass Videos insbesondere zur Förderung des Wissens über Prozeduren wirksam sind (z. B. Höffler & Leutner, 2007). Bisher sind Erklärvideos (im Kontext *Flipped Classroom*) jedoch eher in der Hochschule verbreitet (Weidlich & Spannagel, 2014) oder werden in der Schulpraxis von engagierten Lehrkräften genutzt (Thein & Fähnrich, 2014). Obwohl es bereits Beispiele für die Entwicklung von Erklärvideos in der Lehrkräfteausbildung gibt (z. B. Barendziak & Elster, 2016; Bresges et al., 2014), ist eine systematische Förderung und Evaluation des notwendigen technologiebezogenen Professionswissens zur Entwicklung von Erklärvideos in die universitäre Lehrkräfteausbildung bisher nicht erfolgt. Da die universitäre Lehrkräfteausbildung die prägendste Phase des Professionalisierungsprozesses von Lehrkräften ist (Kunter et al., 2013), stellt ein Schwerpunkt des vorgestellten Projekts die Förderung technologiebezogenen Professionswissens dar.

#### **Technologiebezogenes Professionswissen evidenzbasiert fördern**

Lehrkräfte können heute aus einer schier unendlich großen Menge an Erklärvideos auf unterschiedlichen Portalen auswählen. Oft ist allerdings die Qualität dieser Videos fragwürdig (Kulgemeyer & Peters, 2016) oder für den konkreten Lerninhalt wurde noch kein Video entwickelt. Sowohl die Produktion eigener Erklärvideos als auch die Auswahl geeigneter Erklärvideos aus einer Mediathek erfordert die Kenntnis von Kriterien, welche effektive Erklärvideos kennzeichnen. Lehrkräfte benötigen deshalb ein breites Wissensrepertoire, um Erklärvideos gewinnbringend einzusetzen. Dieses Wissen lässt sich dem technologiebezogenen Professionswissen (*technological pedagogical content knowledge: TPACK*, Mishra & Koehler, 2006) zuordnen. Das TPACK erweitert die ursprünglichen

Überlegungen zum Professionswissen (z. B. Fachwissen, fachdidaktisches Wissen) um zusätzliche technologiebezogene Bereiche. Das hier angesprochene Wissen, das notwendig ist, um effektive Erklärvideos zu entwickeln, ist als technologiebezogenes fachdidaktisches Wissen (*TPCK*) zu beschreiben. Das „klassische“ fachdidaktische Wissen (*pedagogical content knowledge; PCK*) umfasst das Wissen, das notwendig ist, um fachliche Inhalte zu vermitteln. Vor allem das Wissen über Instruktionsstrategien und Repräsentationsformen wird in der Literatur immer wieder als relevante Facette des *PCK* beschrieben (z. B. Lee & Luft, 2008). Das *TPCK* ergänzt dieses Verständnis um eine technologiebezogene Komponente. Zum einen ist hier das Wissen über Kriterien für effektive multimediale Instruktion zu nennen. Beispielsweise erklärt die Multimedia-Theorie, warum die Kombination von Text und Bild zu größeren Lerneffekten führt (z. B. Mayer & Moreno, 2003). Ainsworth (2006) klassifiziert darüber hinaus Design, Funktionen und Aufgaben von Darstellungen in einer Taxonomie, die Schlüsse für die effektive Verwendung von Darstellungen in Lehr-Lernprozessen zulassen. Zur Gestaltung eines lernwirksamen Erklärvideos müssen Lehrkräfte deshalb entscheiden, welche Funktionen (z. B. gegenseitig ergänzende Funktion) Darstellungen im Erklärvideo übernehmen, um geeignete Darstellungen auszuwählen.

### **Ziele des Lehrvorhabens und seiner Evaluation**

Übergeordnetes Ziel des Lehrvorhabens ist es, die Studierenden zur Planung und Erstellung eines effektiven Erklärvideos zur Vermittlung von Fachwissen zu befähigen. Dies soll neben der (1) Förderung fachdidaktischen Wissens durch die gezielte (2) Förderung des *TPCK* der Studierenden zur Gestaltung wirksamer Erklärvideos geschehen. Zusätzlich sollen (3) das akademische Selbstkonzept und die (4) wahrgenommene Nützlichkeit gefördert werden, welche für die (5) Intention Erklärvideos im Unterricht später tatsächlich zu nutzen relevant sind. Die Zielerreichung wird hier exemplarisch an messbaren Teilzielen illustriert:

- Die Studierenden kennen die Funktionen, Aufgaben sowie die Anforderungen an das Design von Repräsentationen in fachlichen Lehr-Lernprozessen (*PCK*).
- Die Studierenden wählen geeignete Repräsentationsformen zur Vermittlung des von ihnen gewählten fachlichen Inhalts aus und berücksichtigen dabei empirische Befunde aus der Multimedia-Theorie (bspw. zur Kombination von Text und Bild; *TPCK*).

In der Evaluation sollen die Wirkungszusammenhänge vom Wissen bis zur Nutzungsintention untersucht werden, indem Einflüsse des Wissens und des akademischen Selbstkonzepts auf die wahrgenommene Nützlichkeit und die Nutzungsintention nachgewiesen werden (vgl. Mahler & Arnold, 2017).

### **Integration von Meta-Analysen in die Lehrkräftebildung**

Empirische Evidenz spielt für die von den angehenden Lehrkräften benötigte Wissensbasis zum lernwirksamen Einsatz von Erklärvideos eine wichtige Rolle. Die Zunahme von Befunden über Bedingungen der Wirksamkeit von multimedialen Lernumgebungen wird durch meta-analytische Zusammenfassungen strukturiert und geordnet. Meta-Analysen berechnen auf der Grundlage quantitativer Daten Effektstärken, die Wirkungsbedingungen über mehrere Studien zusammenfassen (Seidel, Mok, Hetmanek & Knogler, 2017). Die Meta-Analyse von Höffler und Leutner (2007; vgl. auch Berney & Bétrancourt, 2016) fasst beispielsweise die Effekte von 26 Studien zur Wirksamkeit dynamischer Repräsentationen [=Videos und Animationen] gegenüber statischen Repräsentationen [=Texte und Bilder] zusammen. Wenn aktuelle Befunde aus Meta-Analysen der Bildungsforschung, Fachdidaktik und Psychologie in die Lehrkräfteausbildung eingebunden werden sollen, müssen diese Befunde für den Unterricht zusammengefasst und aufbereitet sein. Seidel und Mitarbeitende (2017) schlagen vor, dass Meta-Analysen in Kurzreviews für die Lehrkräfteausbildung analysiert und aufbereitet werden. In Kurzreviews werden Meta-Analysen hinsichtlich ihrer Qualität beurteilt und die Befunde zusammengefasst. Die Qualität der Meta-Analysen wird

anhand der Abelson-Kriterien beurteilt (Abelson, 1995) und Effektstärken anhand üblicher Maßzahlen, wie Hedges  $g$  oder Cohens  $d$ , verglichen. Kurzreviews sollen auf der Basis aktueller Meta-Analysen Befunde aus der Forschung in die Lehrerbildung integrieren. Damit leisten Kurzreviews einen Beitrag zur Evidenzbasierung von Ausbildungsinhalten, indem Forschungsbefunde adressatengerecht aufbereitet werden (Seidel et al., 2017).

### **Lehrkonzept zur Entwicklung von Lehrvideos**

Durch die Aufbereitung von Meta-Analysen in Kurzreviews werden Befunde der Lehr-Lernforschung zur Gestaltung von Lernprozessen in die Lehrkräfteausbildung integriert (Seidel et al., 2017). In diesem Fall werden Kriterien erarbeitet, die den wirksamen Einsatz von Videos zum Lernen charakterisieren. Die oben genannten Ziele werden durch die Implementation einer Lehrveranstaltung erreicht. Im Rahmen dieser Lehrveranstaltung sollen die Studierenden Erklärvideos entwickeln, die Schüler\*innen im Wissenserwerb im Bereich der Erkenntnisgewinnung unterstützen und aktives Experimentieren vorbereiten. Die Wirksamkeit der Erklärvideos wird durch die Lehramtsstudierenden in Design-Based Research erprobt. Design-Based Research setzt auf einen Zyklus aus Design, Durchführung, Analyse und Re-design (The Design-Based Research Collective, 2003; Wilhelm & Hopf, 2014). Studierende erwerben in der Vorlesung „Theoretisch und empirisch fundierte Konzeption und Gestaltung von Biologieunterricht“ anhand der Kurzreviews Wissen über Kriterien effektiver Erklärvideos. Sie wenden ihr Wissen zur kriteriengeleiteten Entwicklung eines Erklärvideos in der begleitenden Übung an (*Design*). Anschließend wird das Erklärvideos mit Schüler\*innen im Kontext des *life:labors* (Schülerlabor) erprobt (*Durchführung*). In der Erprobung werden anhand bestehender Instrumente Daten zum Lernprozess mit den Videos gesammelt (*Durchführung*). Die Konzeption des *life:labors* erlaubt es, dass die Studierenden ihre Videos erproben können und die Schüler\*innen von der verbesserten Vorbereitung ihrer Besuche im Labor profitieren. Die Daten werden ausgewertet (*Analyse*) und zur Weiterentwicklung der Videos genutzt (*Re-Design*). Der Prozess wird in einem Portfolio dokumentiert, das sowohl das prototypische Erklärvideo, Daten und Auswertung zum Lernprozess sowie das überarbeitete Erklärvideo enthält.

### **Evaluation des Wissenserwerbs und Ausblick**

Die Lehrveranstaltung wird evaluiert, indem der Wissenszuwachs bezüglich des TPCK gemessen wird. Es werden vorhandene Skalen zur Erfassung des PCK (Großschedl, Welter & Harms, 2018) weiterentwickelt. Durch den Einsatz weiterer Instrumente (TPCK-Selbstkonzept, motivationale Faktoren, Nutzungsintention, vgl. Mahler & Arnold, 2017) wird untersucht, inwieweit die Wissensvermittlung durch die Vorlesung und die Wissensanwendung in der Übung dazu beitragen, dass die angehenden Lehrkräfte ihr Wissen im Unterricht später tatsächlich nutzen, um Erklärvideos in ihren Unterricht zu implementieren. Die Arbeitsergebnisse des Projekts sollen als digitale Handreichung auch weiteren Lehramtsstudierenden sowie praktizierenden Lehrkräften zur Verfügung gestellt werden. Neben dem erarbeiteten Kriterienkatalog und Praxishinweisen, soll diese digitale Handreichung auch Beispielvideos aus der Übung enthalten.

## Literatur

- Abelson, R. P. (1995). *Statistics as principled argument*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198.
- Barendziak, T. & Elster, D. (2016). BioScientix-Erklären mit Videos. Forschendes Lernen in der Lehrer\*innenausbildung Biologie. In: Resonanz - Magazin für Lehre und Studium an der Universität Bremen, Sommersemester 2016, Bremen, Universität Bremen (2016), 14–20. Abrufbar unter: <https://blogs.uni-bremen.de/resonanz/2016/04/11/bioscientix/> (12.10.18).
- Berney, S., & Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning?: A meta-analysis. *Computers & Education*, 101, 150–167. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.06.005>
- Bresges, A., Hoffmann, S., Schadschneider, A. & Weber, J. (2014). Learning by Design: Kompetenzaufbau beim Entwickeln digitaler Medien. In: J. Maxton-Küchenmeister, J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.): *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht*. (S. 29–45). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Evagorou, M., Erduran, S., & Mäntylä, T. (2015). The role of visual representations in scientific practices: From conceptual understanding and knowledge generation to 'seeing' how science works. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0024-x>
- Fährnrich, F. & Thein, C. (2014). Flip the Classroom – Mehr Zeit im Unterricht. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 67(8), 468–469.
- Großschedl, J., Welter, V. & Harms, U. (2018). A new instrument for measuring pre-service biology teachers' pedagogical content knowledge: The PCK-IBI. *Journal of Research in Science Teaching*, 1–38. <https://doi.org/10.1002/tea.21482>
- Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722–738.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Jordan, J. T., Box, M. C., Eguren, K. E., Parker, T. A., Saraldi-Gallardo, V. M., Wolfe, M. I., & Gallardo-Williams, M. T. (2016). Effectiveness of Student-Generated Video as a Teaching Tool for an Instrumental Technique in the Organic Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 141–145. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00354>
- Kulgemeyer, C., & Peters, C. H. (2016). Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. *European Journal of Physics*, 37(6), 65705. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/6/065705>
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers: Effects on instructional quality and student development. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 805–820.
- Lage, M., Platt, G. & Treglia, M. (2000). Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. *The Journal of Economic Education*, 31(1), 30–43.
- Lee, E., & Luft, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30, 1343–1363.
- Mahler, D. & Arnold, A. (2017). Wissen und Motivation im Umgang mit digitalen Technologien. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 264–277). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Mayer, R. E., Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38(4), 43–52.
- Merkt, M., & Schwan, S. (2016). Lernen mit digitalen Videos. *Psychologische Rundschau*, 67(2), 94–101. <https://doi.org/10.1026/0033-3042/a000301>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Rollnick, M., Zwane, S., Staskun, M., Lotz, S., & Green, G. (2001). Improving pre-laboratory preparation of first year university chemistry students. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1053–1071. <https://doi.org/10.1080/09500690110038576>
- Seidel, T., Mok, S. Y., Hetmanek, A., & Knogler, M. (2017). Meta-Analysen zur Unterrichtsforschung und ihr Beitrag für die Realisierung eines Clearing House Unterricht für die Lehrerbildung. *Zeitschrift Für Bildungsforschung*, 7(3), 311–325. <https://doi.org/10.1007/s35834-017-0191-6>
- The Design-Based Research Collective. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- Weidlich, J. & Spannagel, C. (2014). Die Vorbereitungsphase im Flipped Classroom. Vorlesungsvideos versus Aufgaben. In K. Rummler (Hrsg.), *Lernräume gestalten – Bildungskontexte vielfältig denken* (S. 237–248). Münster u.a.: Waxmann.
- Wilhelm, T., & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 31–42). Berlin Heidelberg: Springer.

Christoph Stolzenberger<sup>1</sup>  
 Nicole Wolf<sup>1</sup>  
 Denise Böhm<sup>1</sup>  
 Thomas Trefzger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Würzburg

## Augmented Reality in der Lehramtsausbildung

### Digitalisierung in der institutionellen Bildung

Die Digitalisierung wird von Seiten der Kultusministerkonferenz (KMK, 2016) als ein Prozess verstanden, in dem digitale Medien und Werkzeuge bisher verwendete analoge Verfahren ablösen und zusätzlich neue Perspektiven schaffen. Ziel für die Schule ist die Vermittlung entsprechender Kompetenzen sowie eine systematische Integration digitaler Lernumgebungen in den Unterrichtsalltag. Der Hochschule kommt dabei laut KMK einerseits die Aufgabe zu diejenigen technischen Innovationen zu entwickeln und zu erforschen, welche den digitalen Wandel umsetzen. Andererseits soll den Studierenden das Wissen um digitale Prozesse und die notwendigen Kompetenzen in einer digitalen Welt vermittelt werden.

Die relativ kostengünstige Verfügbarkeit von technischem Equipment hat in den vergangenen Jahren viele neue Möglichkeiten für das Lehren und Lernen in digitalen Lernumgebungen geschaffen, aber auch die Art des Unterrichtens ein Stück weit verändert (Schaumburg, 2007) (Prasse, 2016). Allerdings fehlen für einen gelungenen Einsatz noch häufig die didaktischen Konzepte, die sich mit dem Mehrwert dieser Technologien in den einzelnen Fächern beschäftigen und sich auch mit der methodischen Umsetzung dieser neuen Möglichkeiten auseinandersetzen. Außerdem mangelt es an Lehrkräften, die das Potential dieser neuen Technologien genau kennen und darin ausgebildet sind, diese auch im Unterricht zu verwenden. Der Einsatz von Augmented und Virtual Reality ermöglicht die Visualisierung hoch komplexer naturwissenschaftlicher Vorgänge, die in der Realität nicht sichtbar gemacht werden können.

### Mixed Reality

Eine der neueren, vereinzelt auch schon in der Bildung eingesetzten Technologien ist die der Mixed Reality (Milgram & Kishino, 1994). Durch den unterschiedlichen Grad der Immersion gibt es verschiedene Abstufungen der Virtualität (vgl. Abb 1). Den Gegensatz zur realen Welt, in der wir leben, stellt die Virtuelle Realität (VR) dar. Diese verkörpert eine vollständig animierte, computergenerierte Umgebung, in der sich der Nutzer/die Nutzerin „bewegen“ und in Echtzeit interagieren kann – der Lernende taucht also komplett in eine neue Welt ein – er erfährt den höchsten Grad an Immersion.

Erzeugt man ein Lernszenario mit Augmented Reality (= erweiterte Realität) (AR) wird die physikalische Realität weiterhin über unsere körperlichen Sinne wahrgenommen, jedoch gezielt mit digitalen Zusatzinformationen zeitlich bzw. ortscodiert angereichert.



Abb 1: Einteilung der Mixed Reality anhand des Immersionsgrads (abgeändert von Milgram & Kishino, 1994)

Die Unterrichtsforschung hat im Bereich der institutionellen Bildung eine Reihe von Faktoren gefunden, die bei der Verwendung von MR-Inhalten zu einer Verbesserung von Lernen im weitesten Sinne beitragen. So schreibt Radu (2014), dass VR- und AR-Technologien eine hohe Akzeptanz bei den Jugendlichen erfahren und das Potential mitbringen, Lernen effektiver und motivierender zu gestalten. Außerdem helfen AR Lernszenarien dabei, Lerninhalte länger im Gedächtnis zu verankern und räumliche Strukturen und Vorgänge besser zu visualisieren. Wu et al. (2013) weisen außerdem darauf hin, dass AR allgegenwärtiges, kooperatives Lernen und die Darstellung von Lerninhalten in einer 3D Ansicht ermöglichen und eigentlich Unsichtbares (z.B. Stromfluss, physikalische Felder) sichtbar machen kann.

Trotz dieser Ergebnisse und der Annahme, dass der Einsatz von AR in der Schule positive Effekte auf Lernprozesse und den Lernerfolg haben, gibt es bisher nur sehr wenige AR-Anwendungen mit fachlichem Schwerpunkt bzw. Lehrplanbezug. Die Entwicklung sinnvoller didaktischer Konzepte und deren Überführung in gut funktionierende AR-Anwendungen, die dann von Lehrkräften mit überschaubarem Aufwand eingesetzt werden können ist daher in nächster Zeit besonders wichtig. Verantwortlich für die geringe Anzahl solcher Lernszenarien ist neben den fehlenden didaktischen und methodischen Konzepten sicherlich auch das Fehlen von intuitiven Autorensystemen, die es auch informationstechnologisch weniger versierten Personen ermöglichen würden, AR Anwendungen zu erstellen (Bacca et al, 2014).

### **Das Seminar ProjektARbeit**

Für Studierende des MINT-Lehramt PLUS Studiengangs der Universität Würzburg wird semesterweise ein Seminar speziell zum Thema „Virtual und Augmented Reality“ angeboten. Inhalt ist die didaktische Konzeption von VR/AR-Lernszenarien, deren Implementierung, sowie ihr Einsatz in den Lehr-Lern-Laboren (LLL) (Schülerlaboren) bzw. in der Schulpraxis.

Die Studierenden erhalten im Seminar zunächst eine theoretische Einführung in das Lehren und Lernen mit digitalen Medien, in die Gestaltung interaktiver Systeme sowie eine Einführung in verschiedene Möglichkeiten von VR/AR-Applikationen. Darüber hinaus werden sie technisch soweit geschult, dass sie grundsätzlich dazu in der Lage sind, eigene VR/AR-Applikationen zu erstellen. Für ein im Vorfeld selbst gewähltes Lernszenario wird dann innerhalb des Seminars ein didaktisches Konzept für ein VR/AR-Experiment entwickelt. Unter Anleitung und mithilfe von prefabs („vorgefertigtes Teilmodul“) für kompliziertere Programmierbausteine erstellen die Studierenden schließlich ihre eigene App. Für die Implementierung wurde die GameEngine-Software „Unity“ genutzt, die gekoppelt mit der Tracking-Software „Vuforia“ dazu verwendet werden kann, Augmented Reality Lernszenarien zu entwickeln, um digitale Informationen über reale Objekte zu blenden. Vorteil der verwendeten Software ist, dass diese für nicht gewerbliche Zwecke lizenzfrei genutzt werden kann.

Ausgehend vom TPACK- (Mishra & Koehler, 2006) und TAM-Modell (Davis, 1989) wurden Leitfragen formuliert, um das fachspezifische medienpädagogische Professionswissen der angehenden MINT-Lehrkräfte zu erfassen. Diese führen vor und während des Seminars ein Portfolio in welchem sie – strukturiert durch die Leitfragen – das didaktische Konzept ihres Vorhabens erläutern und aufgrund ihres bereits erlangten Professionswissens theoretisch ihr Projekt begründen. (vgl. Beitrag P117, Böhm).

Im Folgenden werden einige von Studierenden im Seminar erstellte Stationen vorgestellt, welche inklusive weiterer Materialien zum Download<sup>1</sup> bereitstehen.

<sup>1</sup> <https://www.physik.uni-wuerzburg.de/pid/physik-didaktik/augmented-reality/ardownloads/>

### Vorstellung ausgewählter VR/AR-Stationen

#### 1) Lichtbrechung an einer Grenzfläche

An einer optischen Grenzfläche findet Lichtbrechung statt, die sich in einer geänderten Ausbreitungsrichtung des Lichts zeigt. Möchte man ein Objekt unter Wasser mit einem Stab treffen, muss man daher tiefer zielen, als man optisch vermuten würde. Dies können die Schüler/innen am Realexperiment ausprobieren, jedoch ohne den tatsächlichen Lichtstrahl zu sehen. Daher kann der Lichtweg über Schieberegler zum Einstellen des Einfallswinkels sowie des Brechungswinkels digital korrekt überblendet werden und erlaubt neben der Visualisierung die Bestimmung des Brechungsindex der gewählten Flüssigkeit. Eingesetzt werden kann die Station z.B. im Rahmen eines Optik-Experimentierzirkels.



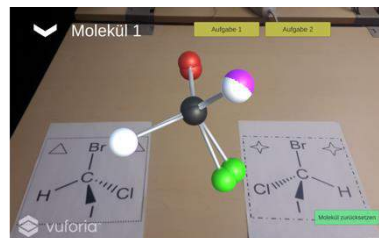
#### 2) Mondphasen & Finsternisse

In einer dreidimensionalen Simulation wird die Bewegung von Erde und Mond um die Sonne gezeigt. Durch die Beobachtung der sich bewegenden und von der Sonne beleuchteten Himmelskörper erkennen die Schüler/innen die Ursache der von der Erde aus beobachtbaren Mondphasen. Über die implementierte Schattenbildung kann man weiterhin aus verschiedenen Perspektiven die Entstehung einer Sonnen- und einer Mondfinsternis beobachten. Eine VR-Anwendung zeigt abschließend die korrekten Größenverhältnisse der Himmelskörper zueinander. Zum Einsatz kommt die Station derzeit im Rahmen des Lehr-Lehr-Labors Optik in der Physik (vgl. Elsholz & Trefzger, 1997)



#### 3) Stereoisomerie

Die App soll die Schüler/innen darin unterstützen im Chemieunterricht anschaulich das Konzept der Chiralität anhand einfacher Moleküle zu verstehen. Aufgabe ist es spiegelbildliche Moleküle interaktiv durch Drehungen zur Deckung zu bringen. Die Schüler/innen sollen dabei erkennen, dass dies bei chiralen Molekülen grundsätzlich nicht möglich ist. Sie erarbeiten sich dabei selbständig die Eigenschaften von Stereozentren.



#### 4) Geometrie des Baggers

Die App zeigt die Gelenkdreiecke eines Baggerarmes sowie die entsprechenden Seitenlängen an. Sie führt die Lernenden durch verschiedene Teilaufgaben und hält optional abrufbare Hilfestellungen bereit. Übergeordnetes Ziel ist das Verständnis des funktionalen Zusammenhangs der Dreiecke bei Änderung der Kolben. Die Station ist eingebettet in ein Lehr-Lern-Labor im Fach Mathematik.



### Literatur

- KMK (2016) Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung\\_digitale\\_Welt\\_Webversion.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung_digitale_Welt_Webversion.pdf)
- Prasse, D. (2016) Lernen und Unterrichten in Tabletklassen. 2. Zwischenbericht der wissenschaftlichen Begleitforschung (Erhebungswelle 2016 ). Pädagogische Hochschule Schwyz. [Online]. [https://www.phsz.ch/fileadmin/autoren/fe\\_dateien/2017-prasse-hermida-egger-lernen-und-unterrachten-in-tabletklassen-zwischenbericht2.pdf](https://www.phsz.ch/fileadmin/autoren/fe_dateien/2017-prasse-hermida-egger-lernen-und-unterrachten-in-tabletklassen-zwischenbericht2.pdf).
- Schaumburg, H. (2007) Lernen in Notebook-Klassen: Endbericht zur Evaluation des Projekts "1000mal1000: Notebooks im Schulranzen" : Analysen und Ergebnisse. / von Heike Schaumburg .... Endbericht. Schulen ans Netz. [Online]. <https://beat.doebe.li/publications/not-from-me/2007-n21evaluationsbericht.pdf>.
- Milgram, P., Kishino, F. (1994) A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Transactions on Information Systems. Bd. E77, D, S. 12
- Radu, I. (2014) Why should my students use AR? A comparative review of the educational impacts of augmented-reality. Proceedings of IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR). S. 131-134.
- Wu Hsin-Kai, Lee Silvia Wen-Yu, Chang Hsin-Yu, Liang Jyh-Chong. (2013) Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. Computers & Education, Bd. 62, S. 41-49
- Bacca, J., et al. (2014) Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. Educational Technology & Society, Bd. 17, 4, S. 133-149
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. Teachers College Record, 108(6), 1017-1054.
- Davis, F.D., et al. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. Management Science, 35(8), 982-1003.
- Elsholz, Markus & Trefzger, Thomas (2017). Professionalisierung durch Praxisbezug – Begleitforschung zu den Würzburger Lehr-Lern-Laboren. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 488). Universität Regensburg



Sabrina Stündl  
Victoria Telser  
Arno Pfitzner  
Oliver Tepner

Universität Regensburg

## **Fehleranalyse beim Experimentieren — eine Pilotstudie mit Lehrkräften**

### **Theoretischer Hintergrund**

Durch das Begehen von Fehlern wird negatives Wissen aufgebaut, weshalb Fehler zum Lernen dazugehören (Mathan & Koedinger, 2005; Oser & Spychiger, 2000). Negatives Wissen ist „das Wissen um das, wie etwas nicht ist (deklarativ) oder nicht funktioniert (prozedural)“ (Oser, Spychiger, Mahler & Reber, 1999, S. 17). Negatives Wissen ist demnach ein wichtiger Baustein bei Problemlöseprozessen, Routinebildung und beim Konzeptaufbau (Wahser & Sumfleth, 2008). Fehler besitzen eine vorbeugende Wirkung im Sinne der Vermeidung von Wiederholungsfehlern, wie auch eine produktive Wirkung im Sinne von Lernzuwächsen (Wahser & Sumfleth, 2008). Nicht nur durch das Begehen eigener Fehler kann negatives Wissen aufgebaut werden, sondern auch durch das Erkennen von Fehlern bei anderen Personen oder Situationen (Oser et al., 1999). Werden neue Erkenntnisse mit dem Vorwissen verknüpft, wird neues Wissen generiert (Niedderer, 1996; Wirth & Leutner, 2006) oder träges Wissen aktiviert (Gruber & Renkl, 2000; Gruber et al., 2000). Eine mögliche Ursache für Fehler beim Experimentieren in der Schule könnte eine Diskrepanz zwischen den Schülervorstellungen über die experimentelle Vorgehensweise und dem tatsächlichen naturwissenschaftlichen Arbeiten sein (Hammann, Thi & Ehmer, 2006). Defizite von Schülerinnen und Schülern treten in allen Phasen des Experimentierprozesses auf, insbesondere bei der Bildung von Hypothesen, der Planung von Experimenten und der Auswertung von Daten (Hammann et. al, 2006; Schulz, Prinz & Wirtz, 2012). Typische Beispiele hierfür sind das Nichtaufstellen von Hypothesen oder das Nichtanwenden von Variablenkontrollstrategien (Hammann et. al, 2006; Schulz, Prinz & Wirtz, 2012).

### **Pilotstudie**

Die experimentelle Kompetenz von Chemielehrkräften ist bislang kaum empirisch erforscht, weshalb eine Studie zu ihrer Erfassung an der Universität Regensburg entwickelt wurde. Im Rahmen der zweitägigen Chemielehrkräftefortbildung „Elektro- und Photochemie für den Unterricht“ soll die experimentelle Kompetenz von Gymnasiallehrkräften erfasst werden (Details siehe Enzmann, Pfitzner & Tepner, 2017). Die Pilotierung dieser erfolgte mit zwei Gruppen à zwei Chemielehrkräften des Gymnasiums, die in Partnerarbeit zwei lehrplankonforme Experimente zum Thema galvanische Zellen bearbeiteten. Diese Versuche waren so konzipiert, dass sie neben Aufbau, Durchführung und Dokumentation mindestens eine Variablenmanipulation beinhalteten. Die Experimente waren im Prä-Post-Design durchzuführen und wurden videographiert. Mit einem eigens dafür entwickelten Kodiermanual wurden diese Aufzeichnungen auf Vorkommen von Experimentierphasen, auf Begehen von Fehlern beim Experimentieren und auf Einhaltung von Erkenntnisgewinnungsphasen untersucht (Telser, Stündl, Pfitzner, Tepner, unveröffentlicht). Im Folgenden werden die Grundzüge der Fehlerkodierung und eine deskriptive Darstellung der Pilotergebnisse mit Fokus auf die Fehleranalyse präsentiert.

### **Grundzüge der Fehlerkodierung**

Die Fehlerkodierung wird auf alle praktischen Handlungen beim Experimentieren im Video und auf fachliche und fachsprachliche Formulierungen in Audio und Protokoll angewendet. Daraus ergibt sich eine Differenzierung der aufgetretenen Fehler in ein umfangreiches Ober-

und Unterkategoriensystem (Telser et al., unveröffentlicht). Ein kleiner Ausschnitt dieses Kategoriensystems mit Beispielen ist in Tabelle 1 gezeigt. Verändert eine Lehrkraft gleichzeitig die Temperatur und die Konzentration bei einem Versuch, kann dies als Variablenkontrollfehler gewertet und wird der Oberkategorie 5 (Unsauberes Arbeiten mit Fachwissensdefizit) zugeordnet. Variablenkontrollfehler werden in der Unterkategorie 8 zusammengefasst, woraus sich folgende Kategorisierung für den Fehler ergibt: Fehlercode: 508, Fehlertyp: 8. Die Notizen dienen der genauen Fehlerbeschreibung und zur zeitlichen Einordnung.

*Tabelle 1: Beschreibung des Kategoriensystems der Fehler*

| <b>Fehlercode</b><br>(Oberkategorie)                 | <b>Fehlertyp</b><br>(Unterkategorie)                                            | <b>Notizen</b><br>(Zeit: Fehlerbeschreibung)                                                                                |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3:</b> Unsauberes Arbeiten                        | Z. B.: Instabilität des Aufbaus, Polung, Sicherheit, unsauberes Experimentieren | 620: Wiederverwenden kontaminierter Pipetten<br><b>Fehlercode: 310, Fehlertyp: 10</b>                                       |
| <b>41:</b> Fachwissensdefizit                        | Fachlich fehlerhafte Aussagen                                                   | 520: Fehler im Zusammenhang Anode/ Kathode und Oxidation/ Reduktion<br><b>Fehlercode: 411, Fehlertyp: 108</b>               |
| <b>44:</b> Fachsprache                               | Falsche/ Unsaubere Verwendung von Fachsprache                                   | 420: Fehler bezüglich der Zuordnung Salzsäure-HCl<br><b>Fehlercode: 441, Fehlertyp: 205</b>                                 |
| <b>5:</b> Unsauberes Arbeiten mit Fachwissensdefizit | Kurzschluss, Variablenkontrolle                                                 | 320: Variablenkontrolle: Gleichzeitige Veränderung von Temperatur und Konzentration<br><b>Fehlercode: 508, Fehlertyp: 8</b> |

Es wird allgemein zwischen Ursprungsfehler und Wiederholungsfehler unterschieden. Ursprungsfehler sind Fehler, die das erste Mal auftreten (Telser et al., unveröffentlicht).

### **Fragestellung und Hypothese**

Experimentieren die Lehrkräfte am zweiten Messzeitpunkt (MZIP2) mit weniger Fehlern als am ersten Messzeitpunkt (MZIP1)? Die fachlichen und praktischen Erkenntnisse aus dem ersten Tag der Fortbildung (MZIP1) können von den Teilnehmenden selbst reflektiert worden sein, was dazu führen könnte, dass diese Erkenntnisse mit dem Vorwissen verknüpft worden sind. Daraus leitet sich die folgende Hypothese ab: Die Lehrkräfte experimentieren am zweiten Messzeitpunkt (MZIP2) mit weniger Fehlern als am ersten Messzeitpunkt (MZIP1). Um diese Hypothese beurteilen zu können, wurden u. a. folgende Kriterien herangezogen:

- Die Lehrkräfte experimentieren mit weniger Gesamtfehlern.
- Die Lehrkräfte experimentieren mit weniger Ursprungsfehlern.

### **Deskriptive Ergebnisse der Pilotierung**

Die Anzahl der Gesamtfehler (Ursprungsfehler und Wiederholungsfehler) nimmt im Prä-Post Vergleich bei drei von vier Lehrkräften zu (Abbildung 1). Dies korrespondiert mit der Tatsache, dass an MZIP2 mehr Experimente von den Lehrkräften geschafft worden sind als an MZIP1. Differenziert man die Gesamtfehler in die vier vorgestellten Kategorien, erhält man weitere Rückschlüsse auf mögliche Ursachen für den Befund: Die Gesamtfehleranzahl in Kategorie 3 (Unsauberes Arbeiten) steigt bei allen Personen zwischen den Messzeitpunkten an, wohingegen die Gesamtfehleranzahl der Kategorien 41 (Fachwissensdefizit) und 44 (Fachsprache) bei drei von vier Teilnehmenden sinkt. Die Gesamtfehleranzahl der Kategorie 5 (Unsauberes Arbeiten mit Fachwissensdefizit) sinkt bei

allen Lehrkräften (Abbildung 1). Die grau hinterlegten Felder in Abbildung 1 und Abbildung 2 verdeutlichen eine Abnahme der Fehleranzahl. Die Umrandung zeigt das zusammengehörige Fehlerpärchen von MZP1 und MZP2.

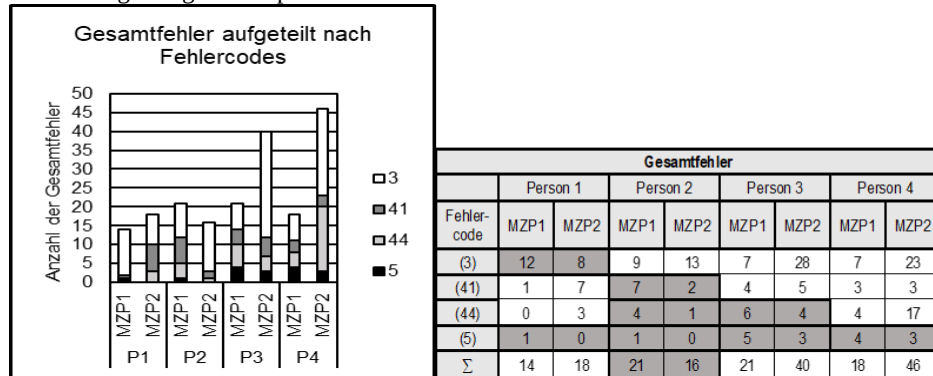


Abbildung 1: Anzahl der Gesamtfehler

Die Anzahl der Ursprungsfehler insgesamt sinkt bei drei von vier Lehrkräften von MZP1 zu MZP2 (Abbildung 2). Die Anzahl der Ursprungsfehler in Kategorie 3 (Unsauberes Arbeiten) steigt bei drei von vier Lehrkräften an. Die Anzahl der Ursprungsfehler der Kategorie 44 (Fachsprache) und der Kategorie 41 (Fachwissensdefizit) nimmt bei drei der vier Lehrkräfte ab, auch die Anzahl der Ursprungsfehler der Kategorie 5 (Unsauberes Arbeiten mit Fachwissensdefizit) sinkt bei der Hälfte der Lehrkräfte. Die Anzahl der Wiederholungsfehler steigt bei drei von vier Lehrpersonen an. Die steigende Anzahl der Gesamtfehler resultiert aus einem Anstieg der Wiederholungsfehler bei einer sinkenden Anzahl an Ursprungsfehlern.

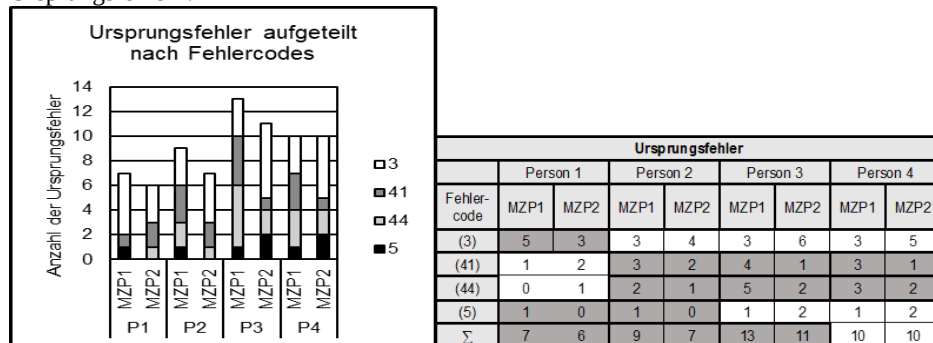


Abbildung 2: Anzahl der Ursprungsfehler

Unter Berücksichtigung der im Vergleich zu MZP1 höheren Anzahl an durchgeführten Manipulationsexperimenten an MZP2 konnte für die Pilotierung nicht gezeigt werden, dass die Gesamtfehleranzahl pro durchgeführtem Manipulationsexperiment abnimmt. Dies ist möglicherweise auf eine häufigere Wiederholung der Ursprungsfehler zurückzuführen.

### Ausblick

Nach derzeitigem Stand kann das Manual zur Fehlerkodierung die auftretenden Fehler beim Experimentieren bzw. Unterschiede im Prä- und Posttest erfassen. Nach der Pilotierung wurde es in vielen Bereichen konkretisiert und wird seit Frühjahr 2018 in der Hauptstudie eingesetzt. Die Gesamtanalyse der Hauptstudie wird in der Dissertation von Telser (2019) vorgestellt.

## Literatur

- Enzmann, V., Pfitzner, A. & Tepner, O. (2017). Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie. In: C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016*. (S. 760). Universität Regensburg.
- Gruber, H. & Renkl, A. (2000). Die Kluft zwischen Wissen und Handeln: Das Problem des trägen Wissens. In: G. H. Neuweg (Hrsg.), *Wissen - Können - Reflexion. Ausgewählte Bestimmungen* (S. 155-174). Innsbruck: StudienVerlag.
- Gruber, H.; Mandl, H. & Renkl, A. (2000). Was lernen wir in Schule und Hochschule: Träges Wissen? In: H. Mandl & J. Gerstenmaier (Hrsg.), *Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. Empirische und theoretische Lösungsansätze* (S. 139-156). Göttingen: Hogrefe.
- Hammann, M., Thi, T. H. P. & Ehmer, M. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *MNU*, 59(5), S. 292-299.
- Mathan, S.A. & Koedinger, K.R. (2005). Fostering the Intelligent Novice: Learning From Errors With Metacognitive Tutoring. *Educational Psychologist*, 40, S. 257-265.
- Niedderer, H. (1996). Überblick über Lernprozeßstudien in Physik. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften* (S. 119-144). Kiel: Leibnitz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).
- Oser, F. & Spychiger, M. (2000). Lernen aus Fehlern als Beitrag zum Lebenslangen Lernen. In: F. Achtenhagen & W. Lempert (Hrsg.), *Lebenslanges Lernen im Beruf Seine Grundlegung im Kindes- und Jugendalter (IV). Formen und Inhalte von Lernprozessen* (S. 101- 122). Opladen: Leske + Budrich.
- Oser, F., Spychiger, M., Mahler, F. & Reber, S. (1999). 3. *Wissenschaftlicher Zwischenbericht des Forschungsprojekts „Lernen Menschen aus Fehlern? Zur Entwicklung einer Fehlerkultur in der Schule*. Universität Freiburg, Schweiz: Lehrstuhl für Pädagogik und pädagogische Psychologie.
- Schulz, A., Prinz, E. & Wirtz, M. (2012). Schüler planen Experimente und testen Hypothesen – Diagnose von Experimentierkompetenzen und mehrbenenanalytischer Klassenstufen- und Schulartvergleich – Teilprojekt 11. In: W. Riess, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.): *Experimentieren im mathematisch- naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten*, Münster: Waxmann, S. 333-352.
- Telser, V. (Unveröffentlicht). Experimentelle Kompetenz von Lehrkräften. Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung mit dem Titel „Elektro- und Photochemie für den Unterricht“. Dissertation. Universität Regensburg. Regensburg.
- Telser, V., Stündl, S., Pfitzner, A. & Tepner, O. (Unveröffentlicht). *Kodiermanual zur Analyse der videographierten Lehrkräftefortbildung „Elektro- und Photochemie für den Unterricht“. Experimentierphasen zum Thema Galvanische Zellen*. Universität Regensburg.
- Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, S. 219- 241.
- Wirth, J. & Leutner, D. (2006). Selbstregulation beim Lernen in interaktiven Lernumgebungen. In H. Mandel & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 172-184). Göttingen: Hogrefe.

## Untersuchung der Schwierigkeiten von Chemielernenden in der Oberstufe beim Auswerten von Daten

### Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Die Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im Bereich des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens sind wichtige Zielvariablen naturwissenschaftlichen Unterrichts und haben als Teil des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung Eingang in Lehrpläne gefunden (MSW NRW, 2014; NRC, 2012). Als methodische Herangehensweise zur Förderung dieser Kompetenzen wird das forschende Lernen diskutiert, bei dem die Lernenden in naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse involviert werden (Rönnebeck, Bernholt & Ropohl, 2016). Häufig werden die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen als Modi eines naturwissenschaftlichen Problemlösens konzeptualisiert.

Die dabei angewandten kognitiven Prozesse werden als *Scientific Reasoning* bezeichnet (Opitz, Heene & Fischer, 2017), welches in Rückgriff auf Klahr und Dunbahr (1988) üblicherweise in die drei Komponenten Hypothesen Generieren, Planen und Durchführen sowie Auswerten eingeteilt wird (Vorholzer, von Aufschnaiter & Boone, 2018; Wellnitz & Mayer, 2013). Das *Scientific Reasoning* (vgl. Abb. 1) stützt sich auf die Anwendung von Wissensbeständen, die neben dem konzeptuellen Wissen des Fachs auch prozedurales Wissen über Strategien wissenschaftlichen Vorgehens und epistemisches Wissen über dessen Begründungen einschließen, welche sich beispielsweise auf die Identifizierung zu kontrollierender Variablen und die Einhaltung von Gütekriterien beziehen (Arnold, Kremer & Mayer, 2017; Roberts & Gott, 2004; Kind, 2013).

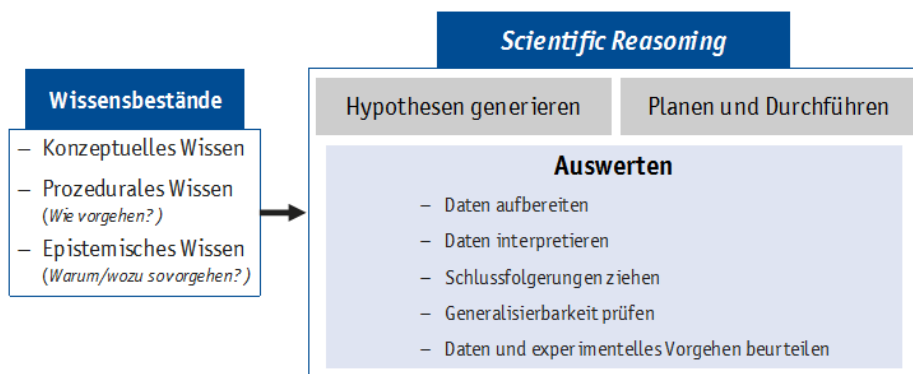


Abb. 1 Modell des *Scientific Reasonings* unter besonderer Berücksichtigung des Auswertens

Das hier beschriebene Vorhaben fokussiert auf das *Scientific Reasoning* bei der Auswertung von experimentell erhobenen Daten. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass die Versuchsdaten zunächst aufbereitet, d.h. systematisiert und ggf. in eine angemessene Repräsentationsform überführt werden müssen. Es findet eine Interpretation der Daten statt, bei der diese mit dem fachwissenschaftlichen Vorwissen in Bezug gesetzt werden. Vor dem Hintergrund der Hypothesen werden hieraus Schlussfolgerungen gezogen. Diese Schlussfolgerungen werden auf andere Systeme übertragen, bzw. es wird eingeschätzt,

welche weiteren Informationen benötigt werden, um eine solche Generalisierung zu erlauben. Zudem erfolgt eine Beurteilung der Gültigkeit der Daten und des experimentellen Designs im Rückgriff auf epistemische Kriterien (bspw. Chinn & Malhotra, 2002; Wellnitz & Mayer, 2013).

Dies bereitet vielen Lernenden Schwierigkeiten: So wird von Problemen berichtet, Trends aus Daten abzuleiten (bspw. Sandoval & Millwood, 2005). Der Umgang mit unerwarteten, dem Vorwissen bzw. den Erwartungen nicht entsprechenden Beobachtungen fällt vielen ebenfalls schwer (Toplis, 2007). Auch das Einbeziehen von Messungenauigkeiten und -fehlern in die Auswertung und allgemeiner das Berücksichtigen von Reliabilität, Validität und Objektivität als Gütekriterien stellen eine Schwierigkeit dar (bspw. Lubben & Millar, 1996). Dies äußert sich beispielsweise darin, dass vielen Schülerinnen und Schülern die Auswahl geeigneter Versuchsdaten für das Ziehen von Schlussfolgerungen nur eingeschränkt gelingt (McNeill & Krajcik, 2007).

Die vorliegenden Studien haben vor allem Fähigkeiten von jüngeren Lernenden untersucht, wodurch aus diesem Forschungsstand bislang nur eingeschränkte Evidenz zur Einschätzung des Förderbedarfs in der Oberstufe abgeleitet werden kann (Arnold et al., 2014, Vorholzer et al., 2018). Entsprechend liegen bislang wenige Studien vor, die sich mit möglichen Zugängen zur Förderung des *Scientific Reasoning* von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II beim Auswerten experimentell erhobener Daten befassen (van Rens, 2014). Für die Chemiedidaktik fällt zudem ins Gewicht, dass die oben beschriebenen Studien die Schwierigkeiten der Lernenden entweder domänenunspezifisch oder aus der Sicht einer benachbarten Domäne untersuchen.

### **Forschungsfragen**

Das hier beschriebene Dissertationsprojekt soll unter Beantwortung folgender Forschungsfragen zum Schließen dieser Forschungslücke beitragen.

*FF1.* Welche Schwierigkeiten bei der Datenauswertung bestehen bei Lernenden der Oberstufe im Fach Chemie?

*FF2.* Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem Auftreten dieser Schwierigkeiten und dem prozeduralen und epistemischen Wissen sowie dem Fachwissen der Lernenden?

### **Studiendesign**

Zur Beantwortung wird eine Videostudie durchgeführt, bei der die Aktivitäten von Zweiergruppen von Lernenden der Oberstufe ( $N = 80$ , d.h. 40 Gruppen) beim Experimentieren dokumentiert und analysiert werden. In der Experimentierphase kommen zu entwickelnde Experimentiersettings zum Einsatz, die den Lernenden den Umgang mit chemischen Problemen ermöglichen, deren inhaltliche Ausrichtung von einem Lehrplaninhalt der Oberstufe abgeleitet ist. Um dem Fokus dieser Studie auf die Auswertung experimenteller Daten gerecht zu werden, werden Umfang und Schwierigkeit der Hypothesengenerierung sowie Planung und Durchführung reduziert, indem wichtige Schritte vorgegeben bzw. durch geeignete Hilfen, wie Hinweise oder den Einsatz digitaler Sensoren erleichtert werden. Auf diese Weise soll es möglich gemacht werden, die Performanz der Schülerinnen und Schülern beim Umgang mit den von ihnen erhobenen Daten mit erhöhter Auflösung untersuchen zu können. Dieses Vorgehen verspricht zudem, ein Auftreten potentieller Folgefehler aus vorhergehenden Teilschritten des Experiments (Wahser, 2007) beim Auswerten zu minimieren. Mit diesem höheren Strukturierungsgrad weicht die

vorliegende Studie von ähnlichen Videostudien, die das experimentelle Vorgehen von Lernenden in offeneren Experimentiersettings untersuchen, ab (Baur, 2018; Kechel, 2016). Es ist davon auszugehen, dass die Schülerinnen und Schüler je nach Datentyp verschiedene Schwierigkeiten zeigen. Aus diesem Grund werden die Experimentiersettings so konzipiert, dass ihr Umgang sowohl mit quantitativen als auch mit qualitativen Daten untersucht werden kann (Wellnitz & Mayer, 2013). Eine Pilotstudie mit einer kleineren Stichprobe ( $N = 24$  Oberstufenschülerinnen und -schüler, d.h. 12 Gruppen) soll sicherstellen, dass die durchzuführenden Versuche im Hinblick auf Ihre Lösbarkeit sowie Schwierigkeit angemessen sind.

Die in der Hauptstudie videographierten Experimentierphasen werden im Anschluss einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen, die die induktive Bildung von Schwierigkeitskategorien zum Ziel hat, deren Auftreten und Häufigkeiten statistisch im Hinblick auf zuvor erhobene Merkmale näher untersucht werden sollen. Zu diesem Zweck werden Instrumente entwickelt bzw. adaptiert, die das Fachwissen (Hülsmann, 2015), das prozedurale Wissen (vgl. Henke, 2007) sowie das epistemische Wissen (vgl. Roberts & Gott, 2004) der Lernenden messen. Die Eignung dieser Instrumente wird durch eine weitere Pilotstudie sichergestellt, in der diese mit einer Stichprobe von  $N = 150$  Lernenden evaluiert werden. Als Kontrollvariablen sind die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) sowie Motivation, Interesse und Selbstkonzept (Fechner, 2009) vorgesehen.

#### **Erwarteter Ertrag der Studie**

Die Ergebnisse dieser Studie sollen dazu beitragen, das bisherige Verständnis des Zusammenspiels von prozeduralem und epistemischem Wissen mit dem *Scientific Reasoning* (Arnold et al., 2017) speziell bei der Versuchsauswertung aus Sicht der chemiedidaktischen Forschung auszubauen. Gleichzeitig soll der bislang übersichtliche Forschungsstand zu den Kompetenzen des *Scientific Reasonings* von Oberstufenschülerinnen und -schülern erweitert werden.

Nicht zuletzt können mit den in diesem Projekt identifizierten Schwierigkeiten die Grundlagen für die Entwicklung von Unterstützungsformaten für Schülerinnen und Schüler geschaffen werden. Indem sie die Anpassung von Förderung und tatsächlichem Förderbedarf erleichtern, können die erwarteten Erkenntnisse über die Fähigkeiten von älteren Lernenden bei der Auswertung experimenteller Daten zu einer erhöhten Validität solcher Maßnahmen beitragen.

## Literatur

- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36 (16), 2719–2749. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209>
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23 (1), 21–37. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren. *ZfDN*. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0078-7>
- Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools. A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86 (2), 175–218. <https://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Fechner, S. (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. Berlin: Logos.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision. KFT 4-12+R. Göttingen: Beltz Test.
- Henke, C. (2007). Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Oberstufe. Untersuchung am Beispiel des HIGHSEA-Projekts in Bremerhaven. Berlin: Logos.
- Hülsmann, C. (2015). Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe. Berlin: Logos.
- Kechel, J.-H. (2016). Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. Berlin: Logos.
- Kind, P. M. (2013). Establishing Assessment Scales Using a Novel Disciplinary Rationale for Scientific Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 50 (5), 530–560. <https://doi.org/10.1002/tea.21086>
- Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18 (8), 955–968. <https://doi.org/10.1080/0950069960180807>
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In: Lovett, M. & Shah, P. (Hrsg.), *Thinking with data*. (S. 233–265). New York: Taylor & Francis.
- MSW NRW. Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen: Chemie. Verfügbar unter [https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/151/KLP\\_GOST\\_Chemie.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/151/KLP_GOST_Chemie.pdf)
- NRC. (2012). *A Framework for K-12 Science Education*. Washington, D.C.: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Opitz, A., Heene, M. & Fischer, F. (2017). Measuring scientific reasoning – a review of test instruments. *Educational Research and Evaluation*, 23 (3–4), 78–101. <https://doi.org/10.1080/13803611.2017.1338586>
- Roberts, R. & Gott, R. (2004). A written test for procedural understanding. A way forward for assessment in the UK science curriculum? *Research in Science & Technological Education*, 22 (1), 5–21. <https://doi.org/10.1080/0263514042000187511>
- Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. (2015). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52 (2), 161–197. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- Sandoval, W. A. & Millwood, K. A. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition and Instruction*, 23 (1), 23–55. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci2301\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci2301_2)
- Toplis, R. (2007). Evaluating Science Investigations at Ages 14–16. Dealing with anomalous results. *International Journal of Science Education*, 29 (2), 127–150. <https://doi.org/10.1080/09500690500498278>
- Van Rens, L., Hermarij, P., Pilot, A., Beishuizen, J., Hofman, H. & Wal, M. (2014). Pre-university Chemistry Students in a Mimicked Scholarly Peer Review. *International Journal of Science Education*, 36 (15), 2514–2533. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.895447>
- Vorholzer, A., Aufschnaiter, C. von & Boone, W. J. (2018). Fostering Upper Secondary Students' Ability to Engage in Practices of Scientific Investigation. A Comparative Analysis of an Explicit and an Implicit Instructional Approach. *Research in Science Education*, 103 (1). <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9691-1>
- Wahser, I. (2007). Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. Eine experimentelle Laborstudie. Berlin: Logos.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315–345.



Burkhard Priemer<sup>1</sup>  
 Raphael Weiß<sup>1</sup>  
 Tobias Ludwig<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

## PCK des Argumentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht

### Naturwissenschaftliches Argumentieren

*Scientific practices* wie das Argumentieren (Berland & Reiser, 2009; Kelly, 2008) fördern nicht nur das konzeptuelle Verständnis (Ford, 2008), sondern auch das Lernen über die Natur der Naturwissenschaften (Manz, 2015). Diese Diskursform muss jedoch von Schülerinnen und Schülern erlernt werden (z. B. Osborne, Simon, Christodoulou, Howell-Richardson, & Richardson, 2013). Dafür bedarf es dahingehend ausgebildete Lehrkräfte, die in der Lage sind, Argumentationen im Unterricht durch die Auswahl geeigneter Inhalte und Kontexte zu initiieren sowie entsprechende Anlässe, die zu Argumentationen führen könnten, zu identifizieren und zu nutzen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass Lehrkräfte Schwierigkeiten haben, das Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern (McNeill & Knight, 2013; Crippen, 2012; Sampson & Blanchard, 2012; Alozie, Moje, & Krajcik, 2010). Daher sind jüngst Kompetenzen zum Vermitteln des Argumentierens (Pedagogical Content Knowledge (PCK) des Argumentierens) zum Gegenstand der Forschung geworden. McNeill, González-Howard, Katsh-Singer und Loper (2016) schlagen eine Konzeption vor, welche das PCK des Argumentierens in verschiedene Teilkonstrukte gliedert: Das Konstrukt *Structure* untergliedert sich in die Teilkonstrukte *Evidence* und *Reasoning*, das dialogische Konstrukt in *Persuasion* und *Multiple Claims* (Abb. 1).

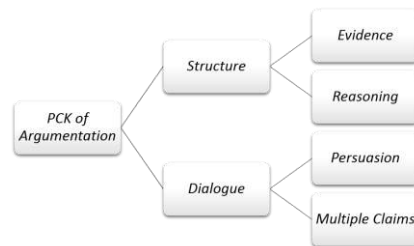


Abb. 1: PCK des Argumentierens (nach McNeill et al., 2016)

Auf Grundlage dieses Modells entwickelten McNeill et al. (2016) ein fragebogenbasiertes Instrument bestehend aus Unterrichtsvignetten mit überwiegend geschlossenen Antwortformaten zur Erfassung des PCK des Argumentierens. Die Vignetten sind so gestaltet, dass ein unterrichtliches Geschehen dargestellt wird, bei dem Lehrpersonen verschiedene Möglichkeiten haben, die Situation durch Impulse zu beeinflussen. Jedoch schränkt das Multiple-Choice-Verfahren die möglichen Antworten der Probanden stark ein, da die Distraktoren so formuliert sind, dass bereits das Argumentieren fokussiert wird. Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Arbeit, inwiefern Probanden auch bei offenen Antwortformaten das Argumentieren adressieren (FF1). Weiterhin prüfen wir unter Annahme der Validität der Items den Kompetenzzuwachs bei Studierenden im Konstrukt *Structure* nach Teilnahme an einem Seminar zur Förderung der Argumentationsfähigkeit (FF2).

### Forschungsfragen

- FF1: Adressieren Studierende auch in einem offenen Antwortformat die durch den Test von McNeill et al. (2016) zur Erfassung des PCK des Argumentierens intendierten strukturellen Zielkonstrukte?

- FF2: Zeigen Physik-Lehramtsstudierende Zuwächse in den strukturellen Teilkonstrukten des Tests von McNeill et al. (2016) zur Erfassung des PCK des Argumentierens, wenn sie an einem Seminar zum Argumentieren teilgenommen haben?

### Methode

In einer explorativen Studie adaptierten wir vier Vignetten (mit insgesamt acht Items) von McNeill et al. (2016) mit je vier Items für die Teilkonstrukte *Evidence* und *Reasoning*. Diese Teilkonstrukte wurden ausgewählt, da im Rahmen eines Projekts zur Förderung des Argumentierens beim Experimentieren im Physikunterricht Masterstudierende an einem Seminar teilnehmen, in dem insbesondere auf den Umgang mit experimentellen Daten als Evidenz und die Evaluation von Daten eingegangen wird (= *reasoning*). Diesen Items im geschlossenen MC-Format wurden korrespondierende offen formulierte Fragen vorangestellt. Abb. 2 zeigt eine Beispielvignette für den Unterrichtskontext einer 7. Klassenstufe, welche sich in einer Einheit über Kraft und Bewegung folgender Frage widmet: Welche Oberfläche verhilft dem Spielzeugauto zu der größten Durchschnittsgeschwindigkeit? Teilfrage 1 stellt dabei das von uns formulierte offene Item dar, Teilfrage 2 ist das geschlossene Format aus dem Test von McNeill et al. (2016).



They then calculated the toy car's average speed by dividing the distance over the time. The table below shows the students' experimental results.

| Surface Material | Distance Traveled (meters) | Time (seconds) | Average Speed (meters/seconds) |
|------------------|----------------------------|----------------|--------------------------------|
| Felt             | 1.0                        | 2.4            | 0.42                           |
| Top of lab table | 1.0                        | 1.5            | 0.67                           |
| Sand paper       | 1.0                        | 2.2            | 0.45                           |
| Ice              | 1.0                        | 1.0            | 1.0                            |

Cedillo\_1 MC

Ellen raises her hand in class and states the following argument: "The car on the ice will always go the fastest. I've been in a car driving on ice, and I know a car can skid because ice is the smoothest surface. My dad has a really big truck and it doesn't slide as far, so maybe next time we should try this experiment with larger cars."

1. What should Mr. Cedillo respond? (2-3 sentences)
2. Mr. Cedillo should respond by saying:
  - a. "Interesting point, Ellen. Does anyone have similar reasoning?"
  - b. "Great connection. Can anyone suggest data to support this?"
  - c. "Nice argument. What additional evidence could Ellen add?"
  - d. "Well done. Does anyone else want to share their argument?"

Abb. 2: Auszug aus einer Beispielvignette zum Teilkonstrukt „Evidence“ (leicht abgeändert nach McNeill et al., 2016)

Der so verkürzte Test wurde zu Beginn und am Ende eines Seminars im Sommersemester 2018 eingesetzt. Dabei bildeten zehn Lehramtsstudierende (Erst- oder Zweitfach Physik) im Master of Education-Studiengang die Stichprobe – ein Proband wurde in der Analyse hinsichtlich Forschungsfrage 2 ausgeschlossen, da die Items konsequent fälschlicherweise als Multiple-Select interpretiert wurden. Zur Analyse der Daten im Hinblick auf FF1 wurden die offenen Antworten mit MAXQDA 2018 (VERBI Software, 2017) kodiert. In einer ersten Sichtung der offenen Fragen erlangten wir eine mittlere Inter-Kodiererübereinstimmung (Cohens Kappa  $\kappa = .43$ ), wobei nach der Revision alle Zweifelsfälle geklärt werden konnten.

### Ergebnisse

Hinsichtlich der ersten Forschungsfrage korrelieren bei sieben von acht Items die offenen Antworten nicht signifikant mit den korrespondierenden MC-Antworten. Einzige Ausnahme bildet ein Item des Teilkonstrukts *Evidence*, bei dem die offenen Antworten der Studierenden signifikant hoch mit den korrespondierenden MC-Antworten korrelieren ( $r = .75$ ,  $p < .05$ ).

In Bezug auf die zweite Forschungsfrage haben zum Zeitpunkt der Prä-Erhebung die Studierenden zwischen keinem und vier Items des acht Items umfassenden Tests gelöst (Mdn = 3 Items, im Mittel rund 42 %). Nach dem Seminar haben die Probanden zwischen zwei und sechs Items des Tests gelöst (Mdn = 4 Items, im Mittel rund 57 %). Um die Gleichheit der Verteilungen auf Signifikanz zu prüfen, wurde aufgrund des ordinalen Skalenniveaus der Wilcoxon-Rangsummentest für verbundene Stichproben verwendet. Um den Stichprobenumfang durch fehlende Werte und listenweisen Fallausschluss nicht noch weiter zu mindern, wurde nicht mit den Summenscores, sondern den prozentual gelösten Items gerechnet. Es zeigt sich, dass sich die Kompetenzen bzgl. des PCK des Argumentierens vor und nach dem Seminar signifikant voneinander unterscheiden ( $p = .049$ ). Es handelt sich dabei um einen mittelgroßen Effekt ( $r = .46$ ).

### Diskussion

Die Studierenden adressieren im offenen Antwortformat (bis auf ein Ausnahme-Item) nicht die durch den Test intendierten Zielkonstrukte (FF1). Daher drängt sich hier die grundsätzliche Frage auf, wie gut die Itembatterie die von McNeill et al. (2016) intendierten Teilkonstrukte des PCK des Argumentierens tatsächlich empirisch trennen kann. Dies könnte in Studien mit größeren Stichproben z. B. faktoranalytisch untersucht werden. Es bleibt weiterhin unklar, ob Studierende das Zielkonstrukt nicht identifizieren, oder ob sie sich in der vorgegebenen Unterrichtssituation der Vignette für eine andere Antwort zuungunsten des Argumentationsanlasses entscheiden, die ihnen passender erscheint. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse aus der Prä-Post-Erhebung, dass Studierende nach dem Besuch des Seminars die Items zu den intendierten Zielkonstrukten *Reasoning* oder *Evidence* im geschlossenen Antwortformat häufiger korrekt beantworten. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass Studierende vermehrt die richtige Antwort im Sinne des Zielkonstrukts von McNeill et al. (2016) wählen, nachdem sie das Seminar besucht haben. Dies lässt rückschließend für die Prä-Erhebung zum einen vermuten, dass die Studierenden die Argumentationssituation als solche nicht identifizieren können. Zum anderen deuten die Ergebnisse darauf hin, dass Studierende PCK des Argumentierens erwerben können, wenn sie ein entsprechend gestaltetes Seminar besuchen. Dabei ist insbesondere relevant, dass die Inhalte unseres Seminars überwiegend auf den Umgang und die Analyse experimenteller Daten im Physikunterricht fokussieren und nicht auf z. B. strukturelle Komponenten eines Arguments.

Diese Aussagen sind aufgrund der geringen Stichprobe und des explorativen Charakters der Studie als vorläufig aufzufassen, ermöglichen jedoch weitere Forschungsansätze: Die Ergebnisse deuten insgesamt darauf hin, dass textbasierte Unterrichtsvignetten geeignet sind, um Argumentationsanlässe im Lehramtsstudium zu thematisieren. Jedoch ist genauer zu überprüfen, wann Studierende den intendierten Lehrimpuls (im Sinne des Argumentierens) verwenden. Die Ergebnisse liefern unseres Erachtens nach Hinweise für die Notwendigkeit einer genaueren Betrachtung der professionellen Wahrnehmung (*noticing*) von Lehrkräften in Bezug auf Argumentationsanlässe in Unterrichtssituationen.

### Literatur

- Alozie, N. M., Moje, E. B., & Krajcik, J. S. (2010). An analysis of the supports and constraints for scientific discussion in high school project-based science. *Science Education*, 94(3), 395-427.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.
- Crippen, K. J. (2012). Argument as professional development: Impacting teacher knowledge and beliefs about science. *Journal of Science Teacher Education*, 23(8), 847-866.
- Ford, M. (2008). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. *Science Education*, 92(3), 404-423.
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity, and epistemic practice. *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation*, 99-117.
- Manz, E. (2015). Representing student argumentation as functionally emergent from scientific activity. *Review of Educational Research*, 85(4), 553-590.
- McNeill, K. L., & Knight, A. M. (2013). Teachers' pedagogical content knowledge of scientific argumentation: The impact of professional development on K-12 teachers. *Science Education*, 97(6), 936-972.
- McNeill, K. L., González-Howard, M., Katsh-Singer, R., & Loper, S. (2016). Pedagogical content knowledge of argumentation: Using classroom contexts to assess high-quality PCK rather than pseudoargumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(2), 261-290.
- Osborne, J., Simon, S., Christodoulou, A., Howell-Richardson, C., & Richardson, K. (2013). Learning to argue: A study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(3), 315-347.
- Sampson, V., & Blanchard, M. R. (2012). Science teachers and scientific argumentation: Trends in views and practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1122-1148.
- VERBI Software. (2017). MAXQDA 2018 [computer software]. Berlin, Germany: VERBI Software. Available from <https://www.maxqda.com>

Valerie Vogt Amacker<sup>1</sup>  
 Dorothee Brovelli<sup>1</sup>  
 Markus Wilhelm<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Luzern  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg

## Präsentationsmodi bei Versuchsanleitungen

### Ausgangslage

Im Naturwissenschaftsunterricht kommen neben dem Experiment mit Hypothesenbildung, Planung, Durchführung und Interpretation der Ergebnisse oft auch kleinere Versuche zum Einsatz, die Schülerinnen und Schüler eigenständig in einem kurzen Setting erarbeiten können. Dabei werden entweder Anleitungen mündlich durch die Lehrperson oder schriftlich auf einem Arbeitsblatt abgegeben. Immer mehr finden auch YouTube-Tutorials Einzug in den Unterricht. Da für einfache Versuche nur begrenzt Zeit zur Verfügung steht, stellt sich die Frage, wie eine Versuchsanleitung aufgebaut sein muss, damit Lernende möglichst schnell, selbständig und korrekt einen Versuch nachbauen können, um sich vor allem auf die kognitive Auseinandersetzung mit dem Phänomen und seiner Deutung und nicht primär auf den Versuchsaufbau konzentrieren zu können. Unter Berücksichtigung von empirischen Befunden zur Lehrmittelentwicklung und der Cognitive Load Theorie werden im vorliegenden Forschungsprojekt drei Anleitungsvarianten untersucht: *Bild-Text-Anleitungen*, ähnlich einem Arbeitsblatt, *Bild-Instruktions-Anleitungen*, entsprechend dem klassischen Frontalunterricht, und *YouTube-Erklärvideos*, angelehnt an die Erfahrungswelt der Jugendlichen.

### Theoretischer Rahmen

Watzka und Girwidz (2015) belegen positive Auswirkungen von bildbasierten Darstellungen in Übungsaufgaben auf die Einschätzung der eigenen Lernaktivität und auf die Lernleistung. Auch bei Versuchsanleitungen spielt das Bild meist eine zentrale Rolle. Zudem sind die einzelnen Arbeitsschritte einer Versuchsanleitung üblicherweise mit Texten, entweder schriftlich oder auditiv, versehen. Ein wesentlicher Nachteil bei den Bild-Text- und Bild-Instruktions-Anleitungen ist, dass die Bilder statisch sind und somit nur einen Ausschnitt der Tätigkeit aufzeigen können. Videoanleitungen können hingegen auch Zwischenhandlungen sichtbar machen, wodurch Videos bei diversen Aufgaben im Vorteil gegenüber statischen Bildern sind, was Höffler und Leutner (2007) in ihrer Meta-Analyse aufzeigen konnten. Nach Mayer (2009) erfolgt die Informationsaufnahme über den visuellen und den akustischen Sinneskanal. Für die Informationsverarbeitung können die wahrgenommenen Reize entweder im entsprechenden Kanal verarbeitet oder durch kognitive Prozesse in den jeweils anderen Kanal überführt werden.

Nach der Cognitive Load Theory ergeben sich aus der Kapazitätsbeschränkung des Arbeitsgedächtnisses instruktionale Konsequenzen (Sweller, 1988). Damit Schülerinnen und Schüler genügend Kapazitäten in ihrem Arbeitsgedächtnis frei haben, um sich auf das Phänomen und seine Deutung zu konzentrieren, müssen geeignete Versuchsanleitungen das selbständigen Durchführen von Versuchen ermöglichen. Sweller (2010) unterscheidet drei Kategorien der kognitiven Belastung. Die intrinsische kognitive Belastung (Intrinsic Cognitive Load, ICL) resultiert aus der inhaltlichen Komplexität des Sachverhaltes. Die extrinsische kognitive Belastung (Extraneous Cognitive Load, ECL) ergibt sich aus der Darstellung des Lernmaterials und der Lernumgebung. Die lernbezogene resultierende kognitive Belastung (Germane Cognitive Load, GCL) ergibt sich aus dem Zusammenspiel von ICL und ECL. Wird der ECL bei den Schülerinnen und Schülern reduziert, haben sie mehr Ressourcen für den ICL. Ein hoher ECL führt zu einer geringeren Verarbeitungskapazität für den ICL.

Schließlich spielt auch die Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler eine wichtige Rolle für die erfolgreiche Versuchsdurchführung. Eine niedrige Selbstwirksamkeitserwartung führt dazu, dass Lernende ihre Leistungsfähigkeit unterschätzen und sich schnell von der eigentlichen Aufgabe ablenken lassen. Dagegen glauben Lernende mit einer hohen Selbstwirksamkeitserwartung daran, die vorliegende Anforderungssituation erfolgreich bestehen zu können (Breker, 2015).

### **Forschungsfragen und Hypothesen**

Im vorliegenden Dissertationsprojekt werden die folgenden drei Forschungsfragen bearbeitet, zu denen Hypothesen aus den skizzierten Forschungsergebnissen abgeleitet wurden:

*Frage 1:* Wie muss eine Anleitung aufgebaut sein, damit eine Schülerin bzw. ein Schüler selbständig und erfolgreich einen simplen Versuch durchführen kann?

*Hypothese 1:* Da der visuelle wie auch der akustische Kanal ein begrenztes Fassungsvermögen aufweisen und die aktive Verarbeitung der Lerninhalte entscheidend für effektives Lernen ist, werden Bild-Instruktions- und Video-Anleitungen von den Lernenden besser umgesetzt als Bild-Text-Anleitungen.

*Frage 2:* Mit welcher Anleitungsvariante können die Lernenden die extrinsische kognitive Belastung möglichst niedrig halten?

*Hypothese 2:* Wird die extrinsische kognitive Belastung mit der entsprechenden Anleitungsvariante möglichst niedrig gehalten, haben die Lernenden mehr Ressourcen für die Auseinandersetzung mit dem Phänomen, wodurch die Lernleistung steigt.

*Frage 3:* Kann mit der gemessenen Selbstwirksamkeitserwartung eines Lernenden auf eine geeignete Anleitungsvariante rückgeschlossen werden?

*Hypothese 3.1:* Bei Lernenden mit einer hohen Selbstwirksamkeitserwartung führen alle drei Anleitungsvarianten zu einer erfolgreichen Versuchsdurchführung.

*Hypothese 3.2:* Video-Anleitungen sind für Lernende mit niedriger Selbstwirksamkeitserwartung am erfolgversprechendsten, da die einzelnen Handlungen Schritt für Schritt nachgeahmt werden können.

### **Untersuchungsrahmen**

Das Swiss Science Center Technorama bietet einen geeigneten Untersuchungsrahmen für die Beforschung der verschiedenen Präsentationsmodi von Versuchsanleitungen. Neben der Ausstellung mit über 500 Experimentierstationen, an denen die Besucherinnen und Besucher eigenständig tätig sein dürfen, werden auch Workshops zwischen 45 und 90 Minuten in den Fachbereichen Chemie, Physik und Biologie für Schulklassen angeboten.

Für das Forschungsprojekt wurde ein bestehender Workshop aus dem Physiklabor zum Thema „Infrarotstrahlung“ neu konzipiert, angelehnt an die Theorie der Basismodelle des Lernens und Lehrens von Oser und Baeriswyl (2001). Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten während 90 Minuten in fünf Handlungskettenschritten zum Basismodell „Konzeptbildung“ diverse Versuche zum sichtbaren Licht und zum Infrarotlicht. Krabbe, Zander und Fischer (2015) konnten in einer Studie über eine Lehrerfortbildung zur lernprozessorientierten Gestaltung des Unterrichts nachweisen, dass ein Basismodell in 90 Minuten gut durchführbar ist und sich positiv auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler auswirkt. Durch die Einbettung der Versuche in inhaltliche Zusammenhänge sowie eine methodisch-didaktische Aufarbeitung der Thematik wird ein grundlegendes Verständnis zum Phänomen aufgebaut (Scholz, Dönges, Echant & Endres, 2016). Ein 45 Minuten dauernder Workshop scheint hierzu wiederum kurz zu sein (Wackermann & Hater, 2015).

### **Workshopentwicklung**

Der bestehende Workshop wurde grundlegend überarbeitet und die eingebetteten Versuche mit drei Anleitungsvarianten erstellt: Bild-Text-Anleitungen, Bild-Instruktions-Anleitungen

und Erklärvideos im YouTube-Stil. In allen drei Varianten sind die gleichen Bilder zu sehen. Dabei sind alle relevanten Informationen des jeweiligen Handlungsschritts im Bild festgehalten.

Der Workshop zum Thema „Infrarotstrahlung: (Unsichtbares) Licht – mit dem Smartphone entdeckt“ wurde nach dem Basismodell „Konzeptbildung“ von Oser und Baeriswyl (2001) entwickelt: Zu Beginn des Workshops untersuchen die Lernenden die Sensoren eines Smartphones auf deren Funktionen, unter anderem den Näherungssensor, durch den sich das Display automatisch ausschalten kann, wenn man das Smartphone ans Ohr hält. Mit einer ersten Versuchsreihe zum sichtbaren Licht machen sich die Schülerinnen und Schüler ihr Vorwissen bewusst, je nach Interventionsgruppe mit einer anderen Anleitungsvariante. Die Durcharbeitung eines Prototyps (Oser & Baeriswyl, 2001) erfolgt mit der Einführung einer Infrarotkamera anhand konkreter Beispiele im Klassenunterricht. Im Anschluss folgt eine zweite Versuchsreihe in den drei Anleitungsvarianten, dieses Mal zum unsichtbaren Licht bzw. zur Infrarotstrahlung, mit Hilfe einer Flir One-Wärmebildkamera auf dem Smartphone. Die neu gewonnenen Erkenntnisse werden in einem Demonstrationsexperiment zur Bündelung von Licht und Infrarotstrahlen zusammengetragen. An diesem Punkt sollten die Lernenden die Zusammenhänge zwischen Durchlässigkeit und Reflexion bei sichtbarem Licht und Infrarotstrahlung einbringen und dem Demonstrationsexperiment folgen können. Sie gehen dabei aktiv mit dem neuen Konzept um, indem sie das Gelernte aus dem Prototypen abwandeln und auf die neue Situation durch Vergleichen und Abgrenzen mit bestehenden Konzepten übertragen. Am Ende des Workshops ziehen sie die neuen Konzepte zur Erklärung der Funktionsweise des Näherungssensors am Smartphone heran. Dieser sendet im nahen Infrarotbereich Signale aus, die von einer Oberfläche zurückreflektiert werden, wodurch der Abstand zwischen Gegenstand und Display ermittelt wird.

Die Vorpilotierung des Workshops mit sechs Klassen ergab Verbesserungsmöglichkeiten im Workshopablauf und erste Hinweise auf die Wirksamkeit der Bild-Text-Anleitungen.

### **Studiendesign**

Anhand einer Pre-/Post/Follow-up Erhebung werden Motivation, Selbst- und Lernwirksamkeit getestet.

Im Pre-Test wird die allgemeine Selbstwirksamkeit mit der Allgemeinen Selbstwirksamkeit Kurzskala ASKU (Beierlein, Kovaleva, Kemper & Rammstedt, 2012) und die Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren (Schroedter & Körner, 2012) sowie das physikalische Selbstkonzept (Schmitz, 2006) erhoben. Ein Vorwissens- und Präkonzepttest zur geometrischen Optik erlaubt den Wissenstand der Schülerinnen und Schüler zur Thematik abzufragen.

Während der Experimentierphase wird mit drei Items nach jedem einzelnen Schülerversuch der Cognitive Load abgefragt. Dieser wird anschließend im Post-Test mit der Skala nach Klepsch, Schmitz und Seufert (2017) nochmals abgefragt, wodurch eine Differenzierung zwischen ICL, ECL und GCL möglich wird. Ebenfalls im Post-Test enthalten ist die Kurzskala Intrinsische Motivation (Wilde, Bätz, Kovaleva & Urhahne, 2009), ein Leistungstest zur Messung der Behaltens- und Verständnisleistung sowie die erneute Messung der Selbstwirksamkeitserwartung.

Zusätzlich zum quantitativen Messverfahren wird eine qualitative Erhebung durch die Evaluation von Videodateien durchgeführt. Während der Versuchsreihen werden jeweils zwei Dreiergruppen beim Experimentieren und Umsetzen der Versuchsanleitungen gefilmt.

Die Durchführung der Pilotstudie erfolgt im November/Dezember 2018 mit zwölf Klassen der Jahrgangsstufen 7 bis 9. Dabei erhalten vier Klassen die Bild-Text-Anleitungen, vier Klassen die Bild-Instruktions-Anleitungen und weitere vier Klassen die YouTube-Erklärvideos. Die Hauptstudie wird mit 60 Klassen zwischen Mai 2019 und Mai 2020 durchgeführt.

## Literatur

- Beierlein, C., Kovaleva, A., Kemper, C. J. & Rammstedt, B. (2012). Ein Messinstrument zur Erfassung subjektiver Kompetenzerwartungen. Allgemeine Selbstwirksamkeit Kurzsкала (ASKU). Mannheim: GESIS.
- Breker, T. (2015). Fähigkeitsselbstkonzept, Selbstwirksamkeit & Mindset – Wie können Lehrkräfte Erkenntnisse aus der Sozial-Kognitiven-Psychologie nutzen, um die Potenzialentfaltung von Schülerinnen und Schülern zu fördern? Dissertation, Europa-Universität Viadrina. Frankfurt.
- Höffler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures. A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17 (6), 722-738.
- Klepsch, M., Schmitz, F. & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. In *Frontiers in Psychology*.
- Krabbe, H., Zander, S. & Fischer, H. E. (2015). Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht. Materialien zur Lehrerfortbildung. Münster: Waxmann (Ganz In).
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Oser, F. & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of Teaching. Bridging Instruction to Learning. In: Richardson, V. (Hrsg.): *Handbook of research on teaching* (4. Auflage). Washington, DC: American Educational Research Assoc.
- Schmitz, A. (2006). Interessen- und Wissensentwicklung bei Schülerinnen und Schülern der Sek II in außerschulischer Lernumgebung am Beispiel von NaT-Working „Meeresforschung“. Dissertation, Christian-Albrecht-Universität, Kiel.
- Scholz, M., Dönges, C., Dechant, C. & Endres, A. (2016). Theoretische und konzeptionelle Überlegungen zur Vermeidung von Lesebarrieren bei naturwissenschaftlichen Schülerexperimenten. In *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 67 (10), 454-464.
- Schroedter, S. & Körner, H.-D. (2012). Entwicklung eines Fragebogens zur Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren (SWE\_EX). In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Münster: Lit-Verlag, 164-166.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285.
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22 (2), 123–138.
- Wackermann R. & Hater J. (2016). Der Einfluss der Stundenlänge (45 vs. 60 Minuten) auf ausgewählte Aspekte der Unterrichtsqualität im Physikunterricht am Gymnasium. *Perspectives in Science* 10 (C). DOI: 10.1016/j.pisc.2015.12.009
- Watzka, B. & Girwidz, R. (2015). Einfluss der Kontextorientierung und des Präsentationsmodus von Aufgaben auf den Wissenserwerb und die Transferleistung physikalischer Inhalte. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 187–206.
- Wilde, M, Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 31–45.



Johanna Krüger<sup>1</sup>  
 Martin Wahl<sup>2</sup>  
 Katrin Knickmeier<sup>3</sup>  
 Tim Höffler<sup>4</sup>  
 Ilka Parchmann<sup>4</sup>

<sup>1</sup>KiSOC  
<sup>2</sup>GEOMAR  
<sup>3</sup>Kieler Forschungswerkstatt  
<sup>4</sup>IPN

### **Lernen mit Experimenten und Computersimulationen Eine Untersuchung zu Lernprozessen im Schülerlabor im Kontext „Ostsee der Zukunft“**

Naturwissenschaftliches Arbeiten wird primär mit Experimenten als Format der Erkenntnisgewinnung verbunden, weitere etablierte Arbeitsweisen wie Modellierungen oder Simulationsexperimente sind weniger im Bewusstsein. Aktuelle Forschungsgebiete in den Naturwissenschaften mit gesellschaftlicher Relevanz wie die Meeres- und Klimaforschung sind oftmals sehr komplex. Dadurch reicht die Untersuchung allein durch Experimente hier nicht mehr aus, und Prozesse der Erkenntnisgewinnung auf Basis von Modellen und Simulationen sind unverzichtbar. Die Vermittlung authentischer Wissenschaft ist im unterrichtlichen Alltag häufig nicht möglich. Schülerlabore bieten gegenüber unterrichtlichen Lernangeboten ein ergänzendes Potenzial für eine umfangreichere und vertiefte Erarbeitung aktueller Themen mit authentischen Methoden.

Eine Kombination verschiedener Methoden erscheint besonders relevant, wenn Lerninhalte weder durch experimentelle Untersuchungen noch durch visuelle Modellierungen allein ausreichend dargestellt werden können. Lernprozesse und Lernergebnisse sind insbesondere hinsichtlich der Wirkung verschiedener Lernmedien jedoch nur wenig untersucht. In diesem Vorhaben werden deshalb hands-on Experimente und eine wissenschaftsnahe Computersimulation sowie deren Kombination am Beispiel verschiedener Veränderungen der Ostsee in einem Schülerlabortag der Kieler Forschungswerkstatt (<http://www.forschungswerkstatt.de/>) eingesetzt und erforscht. Untersucht werden die Entwicklung des Fachwissens, der Motivation und des Nature of Science-Konzeptes sowie die kognitive Belastung bei beiden Methoden. Darüber hinaus wird das Vertrauen in die Wissenschaft sowie die Glaubwürdigkeit der in den Methoden vermittelten Erkenntnisse erfasst. Dabei werden fachdidaktische und medienpsychologische Fragestellungen zusammengeführt. Die ermittelten Erkenntnisse sollen sowohl den Stand der Lehr-Lern-Forschung als auch die Praxis von Schülerlaborangeboten mit wissenschaftlicher Anbindung weiterführen.

#### **Theoretischer Hintergrund**

Aktuelle Forschungsgebiete in den Naturwissenschaften mit gesellschaftlicher Relevanz (Socio-Scientific Issues) wie die Meeres- und Klimaforschung sind oftmals komplex hinsichtlich der Ausmaße und Wechselwirkungen von Wirkfaktoren und Effekten. Grundlegende Prozesse und Konzepte (z.B. chemische Gleichgewichte) können mit vereinfachten Laborexperimenten anschaulich vermittelt werden, jedoch stellen sie vielfach Nachbildungen und Vereinfachungen vergangener Erkenntnisprozesse dar (Pfeifer, Lutz & Bader, 2002) und bilden heutige Fragestellungen und Untersuchungen nur unzureichend ab (Braund & Reiss, 2006). Computerbasierte interaktive Darstellungen komplexer Prozesse auf der anderen Seite bieten zwar einerseits den Lernenden enorme Freiheiten beim Verstehen und wirken in der Regel motivierend (Lepper & Malone, 1987; Winn, 2002), andererseits aber wurde häufig gezeigt, dass modellbasierte Simulationen allein nicht den erwarteten Lernerfolg bewirken (de Jong, 2010; de Jong & van Joolingen, 1998), da ein tieferes Verständnis

erschwert wird (Urhahne & Harms, 2006) und es häufig zu kognitiver Überlastung führt (Paas, Renkl & Sweller, 2003).

Bei vergleichenden Studien von Laborexperimenten und computerbasierten Simulationen konnte bisher kein eindeutiger Trend bezüglich der Vor- und Nachteile der Methoden verzeichnet werden (Theyßen, Sumfleth, & Hüther, 2002; Finkelstein et al., 2005; Cross & Cross, 2004). Bezogen auf den hier im weiteren Sinne zu untersuchenden Lerngegenstand ozeanographischer Vorgänge stellten Winn, Stahr, Sarason, Fruland, Oppenheimer und Lee (2006) fest, dass Computersimulationen besonders hilfreich für das Transferwissen waren, während hands-on-Aktivitäten gerade Lernenden mit niedrigem Vorwissen zugutekamen. Die möglicherweise besonders lernwirksame Kombination von Laborexperimenten und modellbasierten Simulationen, auf die Smetana und Bell (2012) in einem Review hinweisen, wurde bisher nicht untersucht. Die Kombination von Laborexperimenten und computervisualisierten Modellierungen stellt jedoch ein wichtiges ergänzendes Instrument der Erkenntnisgewinnung in der Forschung dar (Neumann, 2010), lässt sich aufgrund des fehlenden Stundenbudgets aber nicht ohne weiteres in den Regelunterricht integrieren (Braund & Reiss, 2006; Lee & Butler, 2003).

### **Forschungsfragen**

Folgende Fragestellungen werden in dem hier dargestellten Forschungsvorhaben untersucht: Inwieweit führen a) Modellexperimente und b) eine wissenschaftsnahe Computersimulation zum Thema Ozeanversauerung

- zur Entwicklung eines grundlegenden Verständnisses der zugrunde liegenden chemischen Prozesse und Konzepte?
- zu einer unterschiedlichen kognitiven Belastung der Schülerinnen und Schüler?
- zu einem gesteigerten situativen Interesse der Schülerinnen und Schüler?
- zu einer Veränderung des Vertrauens in die Wissenschaft?
- zu einer Veränderung des Verständnisses der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung?

### **Design & Methoden**

In einer ersten Studie wurde bereits eine vergleichende Untersuchung der beiden Methoden zum Thema Ozeanversauerung durchgeführt, welche hier vorgestellt wird. Bei dieser zweistündigen Intervention in der Schule wurden die Schülerinnen und Schüler nach einem gemeinsamen Einführungsvortrag randomisiert aufgeteilt: Die eine Hälfte bearbeitete die Simulation, die andere Hälfte ein Experiment mit gleichem Inhalt. Insgesamt wurde die Studie mit  $N = 426$  Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II durchgeführt. Bei den vorläufigen Ergebnissen wird bisher jedoch nur eine erste Auswertung von  $N = 44$  Schülerinnen und Schülern dargestellt. Die inhaltliche Anbindung an Fachanforderungen erfolgt über die Themengebiete „Ökosysteme“ (Biologie) bzw. „Kohlenstoffkreislauf“ und „chemisches Gleichgewicht“ (Chemie). Die Schülerinnen und Schüler waren zwischen 17 und 18 Jahre alt, und hatten das Thema Ozeanversauerung zu 84,1% noch nicht im Unterricht behandelt.

Im Prä-Post-Design sowie formativ begleitend wurden Tests und Fragebögen eingesetzt, um den Lernerfolg (Fachtests in Anlehnung an Christiansen, 2007; Stracke 2004), das Wissen um die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als Bestandteil von Nature of Science (Urhahne, Kremer & Mayer, 2008), das situative Interesse (Engeln, 2004), das Vertrauen in die Wissenschaft (Nadelson et al., 2014) sowie die kognitive Belastung (Paas et al., 2003) zu erfassen.

### **Vorläufige Ergebnisse**

Die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse sind vorläufiger Natur und sollten vorsichtig

interpretiert werden. Sie zeigen jedoch erste Tendenzen in Bezug auf die kognitive Belastung, den Wissenszuwachs und das situatives Interesse im Vergleich der beiden Methoden.

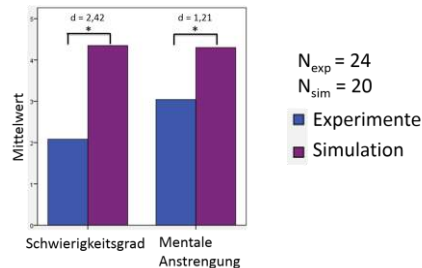


Abbildung 1 Kognitive Belastung

Das Fachwissen wurde durch selbstentwickelte Items erhoben und zeigt einen zu erwartenden hohen Zuwachs im Vergleich der Prä- und Postbefragung (Abb. 2). Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Methoden ist nicht erkennbar. Jedoch weist ein Trend auf einen möglichen größeren Fachwissenszuwachs durch die Bearbeitung der Simulation im Vergleich zur Bearbeitung der Experimente hin.

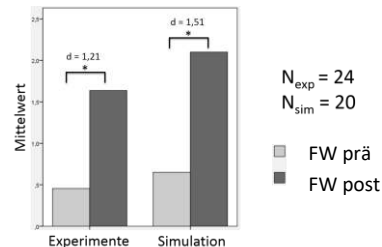


Abbildung 2 Fachwissen

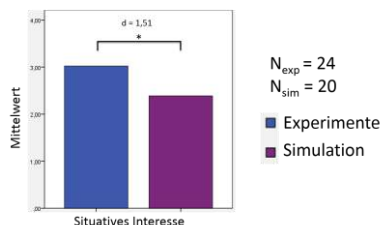


Abbildung 3 Situatives Interesse

Das in Abbildung 3 dargestellte situative Interesse (emotionale, epistemische und wertbezogene Komponente, nach Engeln 2004) ( $\alpha = .777$ ) ist durch die Bearbeitung der Experimente signifikant höher als durch die Bearbeitung der Simulation.

### Diskussion und Ausblick

Entgegen der Literatur (Lepper & Malone, 1987; Winn, 2002; Urhahne & Harms, 2006) sorgte die Bearbeitung der Simulation nicht für eine höhere Lernmotivation. Das höhere situative Interesse durch das praktische Arbeiten mit den Experimenten könnte dadurch zu begründen sein, dass Schülerinnen und Schüler im untersuchten Alter bereits mit diesen Methoden aufwachsen und sie nichts Besonderes für sie darstellen.

Im Anschluss an diese Untersuchung wurde ein Schülerlabortag entwickelt, bei dem auf den Erkenntnissen der ersten Studie aufgebaut werden konnte. Dabei wurden Experimente sowie eine Computersimulation zum Thema „Ostsee der Zukunft“ entwickelt und im Schülerlabor der „Kieler Forschungswerkstatt“ untersucht.

Die Durchführung des Vorhabens wurde mit Mitteln in der Förderlinie strategische Vernetzung des Leibniz-Wettbewerbs im Rahmen des Leibniz-Wissenschaftscampus „Kiel Science Outreach Campus“ (KiSOC) ermöglicht.

## Literatur

- Braund, M. & Reiss, M. (2006). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1373-1388.
- Cross, T. R. & Cross, V. E. (2004). Scalpel or mouse? A statistical comparison of real & virtual frog dissections. *The American Biology Teacher*, 66(6), 409-411.
- de Jong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instructional Science*, 38, 105-134.
- de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.
- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Logos-Verlag.
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S. & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 1, 010103-1 – 010103-8.
- Lee, H. & Butler, N. (2003). Making authentic science accessible to students. *International Journal of Science Education*, 25(8), 923-948.
- Lepper, M. R. & Malone, T. W. (1987). Intrinsic Motivation and Instructional Effectiveness in Computer-Based Education. In R. E. Snow & M. J. Farr (Eds.), *Aptitude, Learning, and Instruction*, Volume 3: Cognitive and Affective Process Analyses (pp. 255-286). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Nadelson, L., Jorczyk, C., Yang, D., Jarratt Smith, M., Matson, S., Cornell, K., & Husting, V. (2014). I just don't trust them: the development and validation of an assessment instrument to measure trust in science and scientists. *School Science and Mathematics*, 114(2), 76-86.
- Neumann, T. (2010). Climate change effects on the Baltic Sea ecosystem: a model study. *Journal of Marine systems*, 81, 213-224.
- Paas, F., Renkl, A. & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38, 1-4. Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessenfördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Kiel: Universität Kiel.
- Pfeifer, P., Lutz, B. & Bader, H. J. (Hrsg.). (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. Neubearbeitung, 3. Aufl.. München: Oldenbourg.
- Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337-1370.
- Stracke, I. (2004). Einsatz computerbasierter Concept Maps zur Wissensdiagnose in der Chemie. Waxmann Verlag.
- Theyßen, H., Sumfleth, E. & Hüther, M. (2002). Hypermedia contra Praktikum. In R. Brechel (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven*. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik / Chemie in Dortmund 2001 (S. 354-356). Alsbach/Bergstraße: Leuchtturm.
- Urhahne, D. & Harms, M. G. (2006). Instruktionale Unterstützung beim Lernen mit Computersimulationen. *Unterrichtswissenschaft*, 34(4), 358-377.
- Urhahne, Detlef; Kremer, Kerstin; Mayer, Jürgen (2008): Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. In: *Unterrichtswissenschaft* 36 (1), S. 71-93
- Winn, W. (2002). Current trends in educational technology research: The study of learning environments. *Educational Psychology Review*, 14(3), 331-351.
- Winn, W., Stahr, F., Sarason, C., Fruland, R., Oppenheimer, P., & Lee, Y.-L. (2006). Learning oceanography from a computer simulation compared with direct experience at sea. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 25-42.

## Low-Cost-Materialien im Chemieunterricht – LehrerInnen berichten

### Ausgangslage und Zielsetzung

Das Durchführen von SchülerInnen-Experimenten ist eine der zentralen Anforderungen an naturwissenschaftlichen Unterricht. Studien konnten jedoch zeigen, dass dieser Anforderung oftmals nur unzureichend genüge getan wird – oder: getan werden *kann*. So sind es vielfach äußere Rahmenbedingungen wie Schulbudgets und eine mangelnde Ausstattung bei gleichzeitig hohen SchülerInnen-Zahlen, die das Experimentieren im Schulalltag zu einer organisatorischen Herausforderung für Lehrkräfte werden lassen (u.a. Schaffer & Pfeifer, 2011). Eine Möglichkeit anfallende Kosten zu senken, bieten sogenannte *Low-Cost-Materialien* aus der Medizintechnik (z.B. Kunststoff-Spritzen, Kanülen, Silikonschläuche bis hin zu Urinbeuteln) oder wiederverwendbare Alltagsgegenstände wie Blisterpackungen und Teelichthüllen, die klassisches Laborgerät (teilweise) ersetzen sollen (an dieser Stelle nicht gemeint sind Miniaturisierungen klassischer Laborgeräte, die oft unter den Begriff *Micro-Scale-Chemistry* fallen). Pionierarbeiten zu Low-Cost-Anleitungen lieferte vor allem Viktor Obendrauf (1996) mit einem Gasentwicklungsapparat aus Spritzen; auch von Schwarz und Lutz (2004) sind hinreichend Anleitungen bekannt. Eine fachdidaktische Auseinandersetzung mit Low-Cost-Materialien hat bislang jedoch nicht stattgefunden; empirische Befunde über ihren praktischen Einsatz an Schulen und somit ihre Möglichkeiten und Grenzen im Sinne eines motivierenden und ökonomischen Chemieunterrichts liegen für den europäischen Raum noch nicht vor. Diesem Desiderat soll im Rahmen eines Dissertationsprojektes nachgegangen werden. Mit Hilfe einer qualitativ angelegten Studie sollen praktisch-experimentelle sowie fachdidaktische Vor- und Nachteile von Experimentierumgebungen mit Low-Cost-Materialien und klassischen Labormaterialien identifiziert werden.

Folgenden Forschungsfragen wird nachgegangen:

- F1: Welche praktisch-experimentellen sowie fachdidaktischen Vor- und Nachteile lassen sich für das Experimentieren mit Low-Cost-Materialien und klassischen Labormaterialien identifizieren?
- F2: Welche Eigenschaften der jeweiligen Materialien bedingen diese Vor- und Nachteile?

### Theoretische Fundierung

Dass die Gerätevariable als solche die *Motivation* der SchülerInnen beeinflusst, konnte eine Studie aus dem Physikunterricht bereits zeigen (Behrendt, 1991). Grundlage für das hier vorgestellte Projekt sollen weitere *Gelingsbedingungen von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht* sein (z.B. Schulz, 2010; Fraser, Mc Robbie & Giddings, 1993; Bader & Lühken, 2018), die nach entsprechender Literaturrecherche auf diejenigen reduziert wurden, zu denen ein Zusammenhang zum Experimentiermaterial vermutet werden kann (Tab. 1). Auf eine detaillierte Erläuterung des Tabelleninhaltes muss an dieser Stelle verzichtet werden.

### Methodisches Vorgehen

Für die Beantwortung der Forschungsfragen ist die Prozessebene auf Seiten der SchülerInnen ebenso notwendig wie die Perspektive der Lehrkräfte, die bei der Beurteilung

von Unterrichtsmaterialien gänzlich andere Erwartungen stellen und Ziele verfolgen; außerdem können sie über die organisatorische Bedingungen aus Tab. 1 Auskunft geben. Durchgeführt wurde daher eine leitfadengestützte Interview-Studie unter  $N = 14$  Chemie-Lehrkräften, die sehr verschiedenen Alters sind und an unterschiedlichen Schulformen (Haupt- und Realschulen, Gesamtschulen sowie Gymnasien) unterrichten.

| Kognitiv                  | Affektiv                                            | Motorisch                           | Organisatorisch                          |
|---------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| Verständlichkeit          | Interesse                                           | angepasst an motorische Fähigkeiten | Ausstattung (Fachräume/ Fachmaterialien) |
| Größe der Herausforderung | Prägnanz des Effektes                               |                                     | Zeit                                     |
| Ergebnisqualität          | Offenheit/ Autonomieerleben                         |                                     | Sicherheit                               |
|                           | Kompetenzerleben/ hohe Gelingens-wahrscheinlichkeit |                                     |                                          |

Tab. 1 Materialabhängige (?) Gelingensbedingungen von Experimenten im Chemieunterricht

Dass die Interview-PartnerInnen sich auf eine gemeinsame Definition von *Low-Cost* beziehen, wurde vorab sichergestellt; während des Gesprächs stand außerdem entsprechendes Anschauungsmaterial in Form einer Experimentier-Box bereit, das für die inhaltsanalytische Auswertung als Kontexteinheit hinzugezogen wird. Die Auswertung der Interviews erfolgt über eine induktive Kategorienbildung mittels Qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2014). Als Auswertungseinheit werden  $N = 13$  Transkripte herangezogen, da nach dem ersten Interview eine Überarbeitung des Leitfadens vorgenommen wurde. Der Analyse liegen u.a. folgende *Auswertungsfragen* zugrunde:

A1: Wie nehmen SchülerInnen eine Low-Cost-Experimentierumgebung wahr?

A1.1: Welche Eigenschaften der Materialien bedingen diese Wahrnehmung?

### Ergebnisse

Tab. 2 präsentiert die gebildeten Kategorien, aus fachdidaktischer Perspektive jeweils sortiert in positive (grün), negative (rot) und wertneutrale (blau) Wahrnehmungen der SchülerInnen. 50 % des Materials wurden doppelt kodiert, wobei sich eine zufriedenstellende Interkoderreliabilität von  $\kappa_n = 0.8$  über insgesamt 17 Kategorien ergab (zur Berechnung von Cohens Kappa wurden auch die Kategorien hinzugezogen, die für die entsprechende Auswertungsfrage mit klassischem Labormaterial gebildet worden sind).

|   | Kategorienbezeichnung                                        | Eigenschaft des Low-Cost-Materials       |
|---|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1 | Geringere Hemmschwelle und erleichterter Experimentierzugang | Materialgröße                            |
|   |                                                              | Alltags- und Funktionsbekanntheit        |
|   |                                                              | Gefahrenreduktion und Folgenabschätzung  |
|   |                                                              | Reduzierte Komplexität (Passgenauigkeit) |
|   |                                                              | Spielerisches Ausprobieren               |
| 2 | Erkannte Alltagsrelevanz                                     | Heimutensilien statt Fachmaterial        |
|   |                                                              | Heimexperimente                          |
| 3 | Kreatives und kontrollfreieres Experimentieren               | Gefahrenreduktion                        |

|    |                                                                       |                                                         |
|----|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 4  | Nicht ernstgenommene Spielerei                                        | Spielzeug-Charakter                                     |
|    |                                                                       | Gefahrenreduktion bei gleichbleibender Schutzausrüstung |
| 5  | Fehlender chemischer Charakter                                        | Alltagskontext                                          |
|    |                                                                       | Behelfsmäßigkeit                                        |
| 6  | Empfundene Anspruchslosigkeit                                         |                                                         |
| 7  | Signalisierte Gefährdung<br>(N = 1 Nennung)                           | Geringe Chemikalienmenge                                |
| 8  | Positive Reaktion bei Aufklärung über Gründe für Low-Cost-Materialien |                                                         |
| 9  | Anfängliche Irritation und nötige Regelmäßigkeit                      | Fehlender Fachbezug/ fehlende Professionalität          |
|    |                                                                       | sonst: Empfundene Materialminderwertigkeit              |
| 10 | Enttäuschung bei <i>nur</i> Low-Cost-Experimenten                     | Entgegen der Erwartungshaltung an Chemieunterricht      |
|    |                                                                       | Fehlende Authentizität                                  |

Tab. 2: Induktives Kategoriensystem zur SchülerInnen-Wahrnehmung einer Low-Cost-Experimentierumgebung aus der Perspektive der Lehrkräfte

### Interpretation und Praktische Implikationen

Genutzt werden können die gebildeten Kategorien, um praktische Implikationen zur Gestaltung einer Low-Cost-Experimentierumgebung und den sinnvollen Einsatz der Materialien im Chemieunterricht abzuleiten: Die SchülerInnen zu informieren über Gründe für den Einsatz von Low-Cost-Materialien (8) scheint ebenso elementar für eine positive Annahme wie eine Regelmäßigkeit (9) ohne Absolutheit (10) in deren Einsatz. Unter Rückbezug auf Tab. 1 (Interesse/ Größe der Herausforderung) lässt sich aus Kategorien wie (1), (2) und (6) vermuten, dass Low-Cost-Materialien v.a. für den Einstieg in das Experimentieren geeignet zu sein scheinen, also für junge Klassenstufen und/ oder SchülerInnen mit geringen Selbstwirksamkeitserwartungen im Experimentieren. Betrachtet man die den Materialien zugeschriebenen Eigenschaften, scheint klassisches Laborgerät jedoch stark der Erwartungshaltung der SchülerInnen an Chemieunterricht zu entsprechen und für eine Fachidentifikation und empfundene Authentizität trotzdem unerlässlich zu sein. Da ein gänzlicher Verzicht auf klassisches Gerät sicher nicht Intention der Low-Cost-Idee ist, ist (10) hier nicht als Nachteil gewertet. In puncto Sicherheit (Tab. 1) scheinen aufgrund des Spielzeug-Charakters von v.a. Teelichtern oder Spritzen (4) verschärfte Regeln für den sachgerechten Umgang mit Experimentiermaterialien notwendig zu sein; auch an dieser Stelle greift sicher die geforderte Regelmäßigkeit des Einsatzes der Materialien (9).

### Ausblick

In Zukunft werden die Interviews hinsichtlich der Frage ausgewertet, welche didaktischen und organisatorischen Vor- und Nachteile die Lehrkräfte *selbst* den einen oder anderen Materialien zuschreiben. Zur Erhebung der SchülerInnen-Perspektive werden außerdem curricular relevante SchülerInnen-Experimente in beiden Versionen – klassisch und low-cost – mit planmäßig 15 Schulklassen durchgeführt und experimentspezifisch ausgewertet, um eine konkrete Differenzierung der einzelnen Low-Cost-Materialien vornehmen zu können. Die Datenerhebung erfolgt über Videographie, Interviews und offene Fragebogenformate und ist voraussichtlich im Dezember 2018 abgeschlossen.

### Literatur

- Bader, H.J. & Lühken, A. (2018). Anforderungen an ein Schulexperiment. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Eds.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. Seelze: Aulis, 464-467
- El-Marsafy, M., Schwarz, P. & Najdoski, M. (2011). *Microscale Chemistry Experiments Using Water and Disposable Materials*. Kuwait Chemical Society
- Fraser, B.J., McRobbie, C.J. & Giddings, G.J. (1993). Development and Cross-National Validation of a Laboratory Classroom Environment Instrument for Senior High School Science. *Science Education*, 77 (1), 1-24
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssor-395173>
- Obendrauf, V. (1996). Experimente mit Gasen im Minimaßstab. *Chemie in unserer Zeit*, 3, 118- 125
- Schaffer, S. & Pfeifer, P. (2011). Ziele von Schülerexperimenten. Von einer Ist-Standanalyse zur Unterrichtsentwicklung. *Unterricht Chemie*, 22 (126), 10-13
- Schulz, A. (2011 ). Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. Eine Videostudie. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Eds.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos, Bd. 113



Claus Bolte  
Marten Hollauer  
Rene Mückai  
Nadine Zöphel

Freie Universität Berlin

### **Demonstrationsexperimente im kognitionspsychologischen Forschungsfokus**

Im Rahmen des Moduls „Forschungsbasierte Analyse und Evaluation von Chemieunterricht“ (FUB, 2015) werden Studierende des Lehramts Chemie mit naturwissenschaftsdidaktischen Methoden evidenzbasierter Reflexion chemiebezogener Lern- und Unterrichtsprozesse vertraut gemacht. Eine Projektgruppe hat sich entschieden, der Forschungsfrage nachzugehen: Unter welchen Bedingungen werden Schüler\*innen in die Lage versetzt, experimentell dargebotene Phänomene so wahrnehmen, dass sie diese im Zuge ihrer naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung bestmöglich nutzen können?

#### **Theoretischer Rahmen**

Erste theoriebasierte Impulse für das Projekt entnahm die Gruppe aus den gestaltpsychologisch motivierten Arbeiten von Schmidkunz (1983; 1990; 1991; 1992; 1997; 2007). Darüber hinaus adaptierte die Projektgruppe neuere kognitionspsychologische Methoden aus dem Gebiet der Eye-Tracking-Forschung (Rayner, 1992; 1998; Havanki & VandenPlas, 2014).

#### **Chemiedidaktisch und gestaltpsychologisch motivierte Arbeiten von Schmidkunz**

Schmidkunz hat bereits in den 80er Jahren mit seinen chemiedidaktisch ausgerichteten Fallstudien nachgewiesen, dass gestaltpsychologische Theorieelemente (Wertheimer, 1985 [1925]; Fitzek, 2014) zur Aufklärung chemiebezogener Lernprozesse beitragen können. Im Zuge seiner Studien nahm Schmidkunz verschiedene gestaltpsychologische Gesetze in den Blick; unter anderem das Gesetz der durchgehenden Linie (2007; vgl. Treatment 1), das Gesetz vom Figur-Grundkontrast (1991; vgl. hier: Treatment 2) und das Gesetz der Symmetrie (1992; vgl. hier: Treatment 4). Die Ergebnisse der Arbeiten von Schmidkunz mahnen, dass die Missachtung der in den Gestaltgesetzen beschriebenen Prinzipien beim Darbieten von chemischen Demonstrationsexperimenten zur Beeinträchtigung des Lernerfolgs auf Seiten der beteiligten Schüler\*innen führt – zumindest im Vergleich zum Lernzuwachs in den Klassen, denen eine möglichst optimale Versuchsanordnung (hier: Treatment 3) präsentiert wurde (Schmidkunz, 1983; 1990; 1991; 1992; 1997; 2007).

#### **Fachdidaktisch und kognitionspsychologisch motivierte Arbeiten aus dem Gebiet der „Eye-Tracking-Forschung“**

Auf dem Gebiet der Neuro- und Kognitionspsychologie werden zunehmend Studien mittels des sogenannten „Eye-Tracking-Verfahrens“ durchgeführt (Rayner, 1992; 1998; Auer et al., 2005; Havanki & VandenPlas, 2014). Mit Hilfe spezieller Soft- und Hardware werden visuelle Fixierungen im Milli-Sekundenbereich aufgezeichnet, um diese und die jeweils korrespondierenden Blickbewegungen anschließend rekonstruieren und visualisieren zu können. Auf diese Weise lassen sich u.a. Aufmerksamkeit und Konzentration aber auch Wahrnehmungsprozesse quantifizierend analysieren, die wiederum Rückschlüsse auf die ausgelösten Kognitionsprozesse und somit auf das Lernen ausgewählter Sachverhalte erlauben. Seit geraumer Zeit finden Eye-Tracking-Studien zunehmend Eingang in naturwissenschaftsdidaktische und chemiedidaktisch motivierte Studien (Sumfleth & Gnoyke, 1995; Gnoyke, 1997; Fäth, Watzka & Girwidz, 2013; Hofmann, 2011; Richtberg & Girwidz, 2013; Rohde et al., 2013; 2015; Nehring, Springfield & Taubert, 2017).

### Forschungsfrage

Den beiden oben skizzierten Forschungssträngen folgend hat sich die Projektgruppe folgenden Forschungsfragen zugewandt:

1. In wie fern lassen sich die von Schmidkunz vorgelegten Befunde replizieren?
2. Welche Ursachen für gelingende und/oder misslingende chemiebezogene Erkenntnisgewinnung lassen sich aus den Ergebnissen unserer Eye-Tracking-Analysen ableiten?

### Methode

Um unsere Forschungsfragen zu beantworten, werden Schulklassen der 8. Jahrgangsstufe (samt ihrer Lehrer\*innen) zu einem Projekttag in das Schüler-Labor des Arbeitsbereichs der Didaktik der Chemie\* der FU Berlin eingeladen, der von den Projektgruppenmitgliedern geplant und durchgeführt wird. Aus den Klassen, die am Projekttag teilnehmen, werden per Zufallsstichprobenziehung jeweils vier Gruppen gebildet, die wiederum zufällig einem der vier unterschiedlichen experimentellen Treatments (siehe weiter unten) zugeordnet werden.

Die Schüler\*innen werden im Eye-Tracking-Labor des Arbeitsbereichs Neuro-Psychologie\* der FU Berlin zunächst mit dem experimentellen Setting vertraut gemacht. Danach wird ihnen einer der vier videographierten chemischen Versuche per Computer demonstriert. Im Zuge der Einweisung erhalten die Schüler\*innen die Aufgabe, den Versuch genau zu beobachten, um anschließend ein vor-strukturiertes Protokoll erarbeiten zu können.

Die von den Proband\*innen erarbeiteten Protokolle werden entsprechend einer eigens entwickelten Auswertungsvorschrift Kriterien-geleitet ausgewertet. Im Zuge dessen werden kumulierte und relative Lösungshäufigkeiten berechnet. Soweit die notwendigen (Teil-)Stichprobengrößen erreicht werden, werden gruppenspezifische statistische Signifikanztests durchgeführt (Eid, Gollwitzer & Schmitt, 2015) und die erzielten Ergebnisse mit denen aus den Fallstudien von Schmidkunz verglichen. Diesbezüglich erwarten wir (in Übereinstimmung mit Schmidkunz, s.o.), dass die Schüler\*innen, die auf die die Gestaltgesetze befolgende Versuchsdurchführung zurückgreifen können (Treatment-Gruppe 3), im Vergleich zu den anderen drei Treatment-Gruppen die vergleichsweise besten Resultate in Bezug auf das Protokollieren des Versuchs erzielen werden.

Darüber hinaus werden die Blickfixierungen und die Augenbewegungen der Proband\*innen mit Hilfe der Eye-Tracking-Soft- und Hardware (siehe Abb. 1 und 2) während der vier je unterschiedlichen Versuchsdarbietungen aufgezeichnet und analysiert.



Abb. 1: Grundausstattung eines Eye-Tracking-Laborplatzes

Abb. 2: Arbeitsplatz im Eye-Tracking Labor der FU Berlin

Theorie-konforme Ergebnisse aus den analysierten Versuchsprotokollen wie auch solche, die von den Schmidkunz'schen Befunden (widererwartend) abweichen, werden anhand der von uns generierten und analysierten Eye-Tracking-Befunde in Augenschein genommen und dezidiert diskutiert. Hinsichtlich unserer Eye-Tracking-Analysen erwarten wir (keine) statistisch bedeutsamen Auffälligkeiten, die auf Wahrnehmungsunterschiede und/oder Aufmerksamkeitsdifferenzen beim Betrachten der vier unterschiedlichen Versuchsdemonstrationen hinweisen.

### Empirie

Die **Stichprobe** unserer (Pilot-)Studie bilden 135 Schüler\*innen der 8. Jahrgangsstufe, die aus sechs Klassen von zwei verschiedenen Schulen stammen. Die Schüler\*innen wurden den vier experimentellen Teil-Stichproben (Treatment-Gruppen) zugelost und wie folgt verteilt: Treatment 1 (durchgehende Linie): 34 / Treatment 2 (Figur-Grundkontrast): 33 / Treatment 3 (Standard-Anordnung): 32 / Treatment 4 (Symmetrie): 36. Die **Ergebnisse** aus den Analysen der von den Schüler\*innen erarbeiteten vor-strukturierten Versuchsprotokolle sind – differenziert nach den experimentell unterschiedenen Teil-Stichproben bzw. Settings – Tabelle 1 zu entnehmen. Ausgewählte – nach Treatment-Gruppe differenzierte – Befunde aus den Eye-Tracking-Analysen sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tab. 1: Ergebnisse aus den Analysen der von den Schüler\*innen erarbeiteten (vor-strukturierten) Protokolle – differenziert nach Treatment-Gruppe

| Treatment     | N   | Skizziere<br>Versuchs-<br>aufbau | Beschreibe<br>Versuchs-<br>ablauf | Notiere<br>Beob-<br>achtungen | Erkläre<br>Beob-<br>achtungen | Beantworte<br>Forschungs-<br>frage | mittlere<br>Gesamt-<br>punktzahl |
|---------------|-----|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| #1: Linie     | 34  | 10,26                            | 2,26                              | 1,88                          | 0,62                          | 0,26                               | 15,29                            |
| #2: Kontrast  | 33  | 9,06                             | 1,91                              | 1,55                          | 0,67                          | 0,27                               | 13,45                            |
| #3: Standard  | 32  | 8,53                             | 1,63                              | 1,72                          | 0,69                          | 0,22                               | 12,78                            |
| #4: Symmetrie | 36  | 10,19                            | 1,67                              | 1,28                          | 0,08                          | 0,08                               | 13,31                            |
| $\Sigma$      | 135 | 14                               | 5                                 | 6                             | 7                             | 6                                  | 38                               |

Tab. 2: Ausgewählte Befunde (Mittlere Dwell-Time) aus den Eye-Tracking-Analysen – differenziert nach Treatment-Gruppe und Beobachtungssektor

| Treatment       | N   | Kolben-<br>prober ls | Reaktions-<br>rohr | Kolbenprober<br>(bzw. Objekt) rs | Brenner | neutraler<br>Sektor | ablenkender<br>Sektor | $\Sigma$<br>(off) | $\Sigma$<br>(on) |
|-----------------|-----|----------------------|--------------------|----------------------------------|---------|---------------------|-----------------------|-------------------|------------------|
| #1: Linie       | 34  | 29,6                 | 28,7               | 21,6                             | 2,1     | 17,9                | 1,1                   | 19,0              | 82,0             |
| #2: Kontrast    | 33  | 19,3                 | 30,0               | 19,0                             | 3,3     | 28,0                | 6,5                   | 34,5              | 71,8             |
| #3: Standard    | 32  | 26,7                 | 29,8               | 19,1                             | 4,1     | 20,2                | /                     | 20,2              | 79,7             |
| #4: Symmetrie   | 36  | 36,1                 | 11,3               | 29,9                             | 1,9     | 20,6                | /                     | 20,6              | 79,2             |
| $\Sigma$ / Mean | 135 |                      |                    |                                  |         |                     |                       |                   |                  |

### Interpretation

Die leistungsbezogenen Befunde aus den Fallstudien von Schmidkunz (Jahresangaben s.o.) konnten in unserer Untersuchung *nicht* repliziert werden. Dies mag auf die verschiedenen Untersuchungsdesigns und Auswertungsprozeduren zurückzuführen sowie den unterschiedlichen Stichproben aber auch der Terminierung der Testdurchführung geschuldet sein. Allein diese Befunde sprechen dafür, weitere Untersuchungen dieser Art durchzuführen. – Die Ergebnisse der inhalts- und lernzuwachsbezogenen Analysen auf der Basis der vor-strukturierten Versuchsprotokolle der Schüler\*innen sprechen dafür, dass die beteiligten Schüler\*innen offensichtlich in der Lage gewesen sind, (chemie-)didaktische Unzulänglichkeiten beim Präsentieren von Demonstrationsversuchen zu kompensieren; denn die besten Ergebnisse wurden widererwartend *nicht* von der Treatment-Gruppe erzielt, der die vermeintlich beste Versuchs demonstration präsentiert wurde (siehe Tab. 1). – Die Befunde unserer Eye-Tracking-Analysen (siehe Tab. 2) weisen darauf hin, dass die vorgenommenen Verletzungen der gestaltpsychologisch relevanten Prinzipien nicht so aufmerksamkeitsbindend gewesen sind, wie es die vorangegangenen Fallstudien aus den 80er und 90er Jahren vermuten ließen.

### (Zwischen-)Fazit

Alles in allem hat sich das Design unserer Pilotstudie bewährt. Auch wenn Eye-Tracking-Studien organisatorisch und zeitlich sehr aufwendig sind, stellt das Verfahren zahlreiche interessante, wissenschaftlich valide und fachdidaktisch relevante Einblicke in das Lernen naturwissenschaftlicher Sachverhalte in Aussicht; weiterführende – noch stärker systematisierte und differenzierende – Studien sollten deshalb zeitnah in Angriff genommen werden.

### \* Danksagung:

Ein besonderer Dank geht an Dr. Sascha Tamm (vom Eye-Tracking-Labor der Abteilung Neuro-Psychologie der Freien Universität Berlin) für seine Unterstützung im Zuge unserer Erhebung und Auswertung der Eye-Tracking-Daten sowie an die beteiligten Schüler\*innen und deren Lehrer\*innen, die uns in unserer Untersuchung unterstützt haben. Des Weiteren bedanken wir uns herzlich bei Dr. Sabine Streller und bei Frau Anke Ayvasky (aus dem Arbeitsgebiet für die Didaktik der Chemie der FU Berlin) für ihre Unterstützung im Rahmen der Planung und Durchführung der Projektstage für die beteiligten Schulklassen.

### Literatur (Auswahl)

- Auer, M. et al. (2005). *SLS 5-8, Salzburger Lese-Screening für die Klassenstufen 5-8*. Bern: Verlag Hans Huber, Hogrefe.
- Eid, M., Gollwitzer, M., & Schmitt, M. (2015). *Statistik und Forschungsmethoden*. Basel: Beltz, 4. Überarbeitete und erweiterte Auflage.
- Fäth, J., Watzka, B. & Girwidz, R. (2013). Eye-Tracker-Untersuchung zu Gestaltungsprinzipien einer Animation. In: S. Bernholt (Hrsg.). *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen* (S. 746-748). Kiel: IPN-Verlag.
- Fitzek, H. (2014). *Gestaltpsychologie kompakt. Grundlinien einer Psychologie für die Praxis*. Wiesbaden: Springer Fachmedien
- Freie Universität Berlin [FUB] (2015a/b). Studien- und Prüfungsordnung der Freien Universität Berlin für den Masterstudiengang für ein Lehramt an Gymnasien/ an Integrierten Sekundarschulen (ISS). Amtsblatt der Freien Universität Berlin 11/2015 (vom 15.04.2015). S. 242-464; S. 466-584. <http://www.fu-berlin.de/service/zuvdocs/amtsblatt/2015/ab112015.pdf> (Zugriff: 2017-04-21).
- Gnoyke, A. (1997). *Das Lernen mit Bildern in der Chemie - Aktion und Interaktion von Wahrnehmen und Denken*. Frankfurt a. Main: Lang (zugleich: Universität Essen (Dissertation 1995)).
- Havanki, K.L., & VandenPlas, J.R. (2014). Eye Tracking Methodology for Chemistry Education Research. In D.M. Bunce & R.S. Cole (eds.) *Tools of Chemistry Education Research*. Washington D.C.: American Chemical Society (ACS Series 1166). Pp 191-218.
- Hofmann, B. (2011). Analyse von Blickbewegungen von Schülern beim Lesen von physikbezogenen Texten mit Bildem. Eye Tracking als Methodenwerkzeug in der physikdidaktischen Forschung. In: H. Niedderer, H. Fischler, E. Sumfleth (Hrsg.): *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Band 119. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Nehring, A., Springfield, H., & Taubert, Ch. (2017). Gestaltungsgesetze für Demonstrationsexperimente unter der Lupe. Ein Forschungsbericht über den Einsatz von Eye-Tracking. In: *MNU*, 70(6), S. 422-427.
- Rayner, K. (1992, Ed.). *Eye Movements and Visual Cognition. Scene Perception and Reading*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Rayner, K. (1998) Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychol. Bull.* Vol 124(3), 372-422.
- Richtberg, S. & Girwidz, R. (2013). Livebild & Funktionsgraph – Echtzeitüberlagerung beim Experimentieren. In: S. Bernholt (Hrsg.). *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen* (S. 323-325). Kiel: IPN-Verlag.
- Rohde, N., Opfermann, M., Schmuck, C. & Rumann, S. (2013). Lernwirksamkeit von Illustrationen zum Orbitalmodell in der Organischen Chemie. In: S. Bernholt (Hrsg.). *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen* (S. 752-754). Kiel: IPN-Verlag.
- Rohde, N., Winterink, K., Opfermann, M. & Rumann, S. (2015). Blickbewegungen Studierender beim Betrachten von Fotografien chemischer Versuchsaufbauten. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 666-668). Kiel: IPN.
- Schmidkunz, H. (1983). Die Gestaltung chemischer Demonstrationsexperimente nach wahrnehmungspsychologischen Erkenntnissen. *NiU – Physik/Chemie*. 31, 10, S. 360 – 367.
- Schmidkunz, H. (1990). Die Bedeutung der visuellen Wahrnehmung für den Aufbau und die Durchführung chemischer Demonstrationsexperimente. *Chemie und Schule*. H. 2, S. 1 – 4.
- Schmidkunz, H. (1997). Gestalt Theory within Chemical Education. In: W. Gräber, C. Bolte (Eds.). *Scientific Literacy. An international symposium*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. S. 391 – 398.
- Schmidkunz, H. (1991). Chemische Experimente und visuelle Wahrnehmung – eine Fallstudie zu den Gesetzen des Figur-Grund-Kontrastes und der Einfachheit. In: *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe*. 19, H. 8, S. 338 -346.
- Schmidkunz, H. (1992): Die Symmetrie als Prägnanz-bildender Faktor bei chemischen Experimenten. In: *NiU – Chemie*. 3, H. 11, S. 12 – 16.
- Schmidkunz, H. (2007). Die Wahrnehmung chemischer Experimentieranordnungen, zum "Gesetz der glatt durchlaufenden Linie". In: D. Höttecke (Hrsg.). *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich*. Berlin: LIT Verlag. S. 406 – 408.
- Sumfleth, E. & Gnoyke, A. (1995). Ich sehe was, was Du nicht siehst! - Die Bedeutung bildlicher Symbolsysteme in Wahrnehmung und Erinnerung in der Chemie. In: H. Behrendt (Hrsg.). *Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven*. Alsbach: Leuchtturmverlag. S. 187 - 189.
- Wertheimer, M. (1985 [1925]). Über Gestalttheorie. *Gestalt Theory*, 7, 99-120. Berlin, Heidelberg: Springer.

Tobias Przywarra<sup>1</sup>  
Björn Risch<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Koblenz-Landau,  
Campus Landau

## **Modelleinsatz im Chemieunterricht Illustrativ, haptisch-interaktiv oder digital erweitert**

### **Problemstellung**

Im naturwissenschaftlichen Unterricht werden häufig Phänomene präsentiert, deren Deutungen eine hohe Komplexität aufweisen (Merzyn, 2008; MBWKM-V, 2010). Dies tritt vor allem dann ein, wenn die Deutung nicht mehr auf der Stoffebene, sondern auf der Teilchenebene erfolgt. So sind Deutungen auf der Teilchenebene weder mit den bloßen Sinnesorganen noch über die Beobachtung mithilfe technischer Unterstützung direkt nachvollziehbar. Daraus ergeben sich eine Abstraktheit und Komplexität, die sich herkömmlichen, kausalen Erklärungsansätzen entziehen. Modelle und ihre kohärenten Vorstellungen bilden ein Konstrukt, welches eben hierfür Erklärungsansätze zu liefern versucht. Studien haben gezeigt, dass der gedankliche Übergang von der makroskopischen Ebene hin zu den Modellvorstellungen über das submikroskopische Diskontinuum für Lernende schwer nachzuvollziehen ist (Özmen, 2011a; Kirman Bilgin, Demircioğlu Yürükel & Yiğit, 2017). Zudem wurde festgestellt, dass Lernende jeden Alters, sogar Studierende der Chemie, über diverse alternative Vorstellungen zum Teilchenmodell verfügen (Andersson, 1990; Aydeniz & Kotowski, 2012; Yan & Talanquer, 2015; Kirman Bilgin, Demircioğlu Yürükel, & Yiğit, 2017). Auch wenn diese Probleme schon lange bekannt sind, wurden sie bisher noch nicht zufriedenstellend gelöst und werden noch weiterhin in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung behandelt (Parchmann & Schwarzer, 2016; Bittorf, Hallier, Busch, & Sieve, 2017; Sieve, Graulich, Caspari, & Bittorf, 2017; Thomas, Struckmeier, & Sieve, 2017). Dies liegt unter anderem daran, dass Chemieunterricht ohne submikroskopische Teilchenvorstellungen jenseits der phänomenologischen Ebene nicht realisierbar ist. Eine Ursache für diese Schwierigkeiten liegt in der Natur der Denkweisen des Chemieunterrichts (Christen, 1990). Die Eigenschaften eines Stoffs werden dadurch erklärt, dass dieser aus bestimmten Teilchen aufgebaut ist. Diesen Teilchen und ihren Verbänden werden wiederum eigene, spezielle Merkmale zugeschrieben. Die Charakteristika der Stoffe ergeben sich also grundsätzlich aus den Eigenschaften der Teilchenkollektive, die den Stoff in der jeweiligen Form ausmachen. Dadurch stellt die Betrachtungsweise der Phänomene eine durchweg wechselseitige Beziehung von Stoff- und Teilchenebene dar. Dies gilt als ein Hauptcharakteristikum der Denkweisen in der Chemie (ebd.).

### **Der Status Quo im Schulalltag**

Ein zentrales Problem der Lernenden beim „Verstehen“ der Teilchenwelt wird im Schulalltag durch die didaktische Aufbereitung der Teilchenvisualisierung generiert. In der Regel sind dies Abbildungen bzw. Bildfolgen oder haptische Modelle, wie zum Beispiel Gittermodelle (Ostermann, Härtig, Kampschulte, Lindmeier, Ropohl & Schwanewedel 2019). Illustrationen von Teilchenvorstellungen haben sich zwar als lernwirksam in Bezug auf die Generierung mentaler Modelle zum Teilchencharakter der Materie herausgestellt (z.B. Sanger, 2000). Jedoch erweisen sich deskriptive Illustrationen weder im Hinblick auf emotionales noch auf kognitives Interesse als vorteilhaft gegenüber dem Arbeiten mit erklärenden Texten (Harp & Mayer, 1997). Ebenso ergeben sich Probleme, wenn herkömmliche, haptische 3D-Modelle zur Visualisierung von nicht bildhaft vorstellbaren Objekten, den „Teilchen“, eingesetzt werden. Diese Art von Modellen kann als Idealisierung von realen Teilchen gesehen oder mit Vergrößerungen davon verwechselt werden

(Saborowski, 2000). Es besteht keine Trennschärfe zwischen Realität und Modell, sodass die Schüler\*innen die Modellvorstellungen als der Realität entsprechend annehmen (Jung, 1977; Harrison & Treagust, 1996).

### **Neue Medien – neue Möglichkeiten!?**

Mit dem Einzug neuer Medien in den naturwissenschaftlichen Unterricht ergibt sich die Chance den Problemen der klassischen Präsentationsformen entgegenzutreten (Cheng & Tsai, 2013). Digitale Lernanimationen zeigen im direkten Vergleich zu statischen Abbildungen eine höhere Lernwirksamkeit (Höffler & Leutner, 2007). Auch die Verwechslungsgefahr von Modell und Realität kann durch digitale Simulationen verringert werden (Saborowski, 2000). Die Illustrierung in Form von Computersimulationen bietet eine Möglichkeit die Wirklichkeit zu simulieren. Aufgrund dieser Imitation von real Erfahrbarem wird eine Verwechslung mit der alltäglichen Realität vermieden (ebd.). Dadurch kombinieren Simulationen einmalig die sich sonst gegenseitig ausschließenden Eigenschaften eines verstärkten Modellcharakters bei gleichzeitiger Abnahme des Abstraktionsgrades (ebd.). Die Verwechslungsgefahr von Modellen mit der Realität ist folglich bei haptischen Modellen größer als bei Computersimulationen. Eine moderne Erweiterung von Computersimulationen stellt Augmented Reality (AR) dar. Die virtuellen Objekte zeigen Informationen an, die der Benutzer nicht mit seinen eigenen Sinnen erfassen kann (Azuma, 1997). Augmented Reality verbessert die Wahrnehmung und Interaktion der Benutzer mit der realen Welt (ebd.). Diese beiden Charakteristika prädestinieren AR dazu, das Teilchenmodell für Schüler\*innen erfahrbar zu machen. Auch konnte in diversen Studien gezeigt werden, dass Augmented Reality Schüler\*innen zum Lernen anregt und motiviert (Hornecker & Dünser, 2007; Núñez, Quirós, Núñez, Carda & Camahort, 2008; Dunleavy, Dede & Mitchell, 2009; Chiang, Yang & Hwang 2014). Dadurch ist zu erwarten, dass besonders bei der schwer zugänglichen Thematik der submikroskopischen Teilchenwelt den Schüler\*innen das Lernen erleichtert wird und somit die Motivation der Lernenden vergleichsweise hoch ausfällt. Darüber hinaus konnten bereits Vorteile von animationsgestütztem Unterricht im Vergleich zu lehrerzentriertem, traditionellem Unterricht festgestellt werden (Özmen, 2011b). Diese betreffen vornehmlich eine Verbesserung in den Bereichen Fachwissen sowie Vorstellungsänderungen zum Thema Modelle in der Chemie. Zusätzliche Effekte auf weitere Aspekte des Lernens wie situationales Interesse beim Arbeiten mit dem Teilchenmodell können folglich auch erwartet werden. Aufgrund der bisher gezeigten Vorteile birgt AR großes Potential für den naturwissenschaftlichen Unterricht (Cheng & Tsai, 2013). Die Lernwirksamkeit von unterschiedlichen Modelltypen in Bezug auf die räumliche Vorstellungskraft in chemischen Kontexten wurde bereits ausführlich untersucht (z.B. Núñez et al., 2008; Abraham, Varghese & Tang, 2010; Behmke et al., 2018). Bislang gibt es jedoch noch keine Forschung zur Auswirkung der unterschiedlichen Präsentationsformen in Bezug auf die Vorstellungen über komplexe Konstrukte, wie zum Beispiel Modellvorstellungen im Kontext makroskopischer Phänomene. Auch stehen noch Untersuchungen zum Prozess des Lernens und Arbeitens von Schüler\*innen mit unterschiedlichen Modelltypen aus. Insbesondere das Arbeiten mit AR-Modellen stellt hierbei ein neues Beobachtungsfeld dar.

### **Forschungsprojekt**

Das Arbeiten mit diversen Arten von Modellen ist ein grundlegendes Anliegen des Chemieunterrichts (Keller, 1977; Christen, 1990). Insbesondere der Aspekt der beschränkten Wiedergabe der Realität und die damit verbundenen Grenzen der Modellvorstellungen sollen dabei im Fokus stehen (ebd.). Hier setzt das Forschungsprojekt an. Das Grundkonzept besteht darin, Schüler\*innen ausgewählte Experimente zu Lösungs- und Diffusionsprozessen durchführen zu lassen. Die Erarbeitung der Deutung der Versuche auf Teilchen-

ebene erfolgt im Anschluss auf der Basis von drei unterschiedlichen Modelltypen: Illustrative Modelle, haptisch-interaktive Modelle und digital erweiterte Modelle (AR). Dazu werden im Rahmen einer Videostudie einzelne Schüler\*innen beim Arbeiten mit den Modellen gefilmt. Die Aufzeichnungen werden im Anschluss kategoriengeleitet analysiert. Darüber hinaus werden problemzentrierte Leitfrageninterviews mit den Probanden durchgeführt. Ziel dieser Studie ist es, Probleme und Besonderheiten zu identifizieren, die während des Arbeitens mit den unterschiedlichen Modelltypen auftreten. In der anschließenden Evaluationsstudie mit Kontrollgruppendesign wird der Frage nachgegangen wie sich unterschiedliche Präsentationsformen chemie-bezogener Modelle auf das situationale Interesse, die Modellkompetenz und die Teilchenvorstellung von Schüler\*innen der Sekundarstufe I auswirken. Die Intervention besteht aus drei Doppelstunden in denen die Schüler\*innen jeweils zwei Experimente durchführen. Experimentalgruppe I erarbeitet sich die Deutungen mit haptisch-interaktiven Modellen, Experimentalgruppe II mit AR-Modellen und die Kontrollgruppe verwendet Arbeitsblätter mit Illustrationen. Die Untersuchung erfolgt hypothesengeleitet:

(H1) Die einzelnen Gruppen unterscheiden sich über den Interventionszeitraum hinweg in ihrem situationalen Interesse.

(H2) Die Modellkompetenz und die Teilchenvorstellungen der verschiedenen Gruppen entwickeln sich über die einzelnen Messzeitpunkte unterschiedlich stark.

Die Datenerhebung erfolgt mittels Fragebögen zum Pre-, Post- und Follow-Up-Zeitpunkt. Damit ist sowohl geplant die Entwicklung der Probanden zu analysieren als auch die beiden Experimentalgruppen und die Kontrollgruppe in Hinblick auf die Hypothesen zu vergleichen.

## Literatur

- Abraham, M., Varghese, V., & Tang, H. (2010). Using molecular representations to aid student understanding of stereochemical concepts. *Journal of chemical education*, 87 (12), 1425-1429.
- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations. *Studies in Science Education*, 18 (1), 53-85.
- Aydeniz, M., & Kotowski, E. L. (2012). What Do Middle and High School Students Know About the Particulate Nature of Matter After Instruction? Implications for Practice. *School Science and Mathematics*, 112 (2), 59-65.
- Azuma, R. T. (1977). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6 (4), 355-385.
- Behmke, D., Kerven, D., Lutz, R., Paredes, J., Pennington, R., Brannock, E., Deiters, M., Rose, J. & Stevens, K. (2018). Augmented Reality Chemistry: Transforming 2-D Molecular Representations into Interactive 3-D Structures. *Proceedings of the Interdisciplinary STEM Teaching and Learning Conference*, 2 (1), 4-12.
- Bittorf, R., Hallier, S., Busch, S., & Sieve, B. (2017). Modellieren mit Linsen und Kichererbsen. Diffusionsvorgänge auf der Teilchenebene visualisieren. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie* 28 (160), 12-15.
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. *Journal of Science Education and Technology*, 22 (4), 449-462.
- Chiang, T. H., Yang, S. J., & G.-J., H. (10 2014). An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities. *Journal of Educational Technology & Society*, 17 (4), S. 352-365.
- Christen, H. R. (1990). *Chemieunterricht. Eine praxisorientierte Didaktik*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser Verlag.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and imitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18 (1), 7-22.
- Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1997). The role of interest in learning from scientific text and illustrations: On the distinction between emotional interest and cognitive interest. *Journal of educational psychology*, 89 (1), 92.
- Höfler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and instruction*, 17 (6), 722-738.
- Hornecker, E., & Dünser, A. (2007). Supporting Early Literacy with Augmented Books - Experiences with an Exploratory Study. *Proceedings of the German Society of Informatics Annual conference (GI-Jahrestagung)*. Bonn: Köllen Verlag.
- Keller, G. (1977). *Über das Denken in Modellen*. Frankfurt am Main, Aarau: Verlag Moritz Diesterweg / Otto Salle Verlag; Verlag Sauerländer AG.
- Kirman Bilgin, A., Demircioğlu Yürükel, F.N., & Yigit, N. (2017). The Effect of a Developed REACT Strategy on the Conceptual Understanding of Students: "Particulate Nature of Matter". *Journal of Turkish Science Education (TUSED)*, 14 (2), 65-81.
- Merzy, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Ministerium für Bildung, Wirtschaft und Kultur des Landes Mecklenburg-Vorpommern [MBWKM-V (Hg.)] (2010). *Rahmenplan Naturwissenschaften für die Jahrgangsstufen 5 und 6 an der Integrierten Gesamtschule sowie an der Regionalen Schule*.
- Núñez, M., Quirós, R., Núñez, I., Carda, J. B., & Camahort, E. (2008). Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. *WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering Vol. 5*, 271-277.
- Ostermann, A., Härtig, H., Kampschulte, R., Lindmeier, A., Ropohl, M., & Schwanewedel, J. (2019). Wie nutzen MINT-Lehrkräfte Medien? Erste Ergebnisse einer Befragung. In C. Maurer (Hg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP).
- Özmen, H. (2011a). Turkish Primary students' conceptions about the particulate nature of matter. *International journal of Environmental & Science Education*, 6 (1), 99-121.
- Özmen, H. (2011b). Effect of animation enhanced conceptual change texts on 6th grade students' understanding of the particulate nature of matter and transformation during phase changes. *Computers & Education* 57, 1114–1126.
- Parchmann, I., & Schwarzer, S. (2016). Kann man Atome sehen?. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 27 (153), 15-17.
- Saborowski, J. (2000). *Computervisualisierung und Modelldenken: konzeptionelle Grundlagen und fachdidaktische Konsequenzen für den Chemieunterricht*. Köln: Jörg Saborowski Verlag.
- Sieve, B., Graulich, N., Caspari, I., & Bittorf, R. (2017). Chemische Vorgänge als Prozesse erfassen. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 28 (160), 2-7.
- Thomas, J., Struckmeier, S., & Sieve, B. (2017). „Molekulares Sieben 2.0“ – vom Kontinuum zum Diskontinuum mit molekularer Küche. *Chemkon* 3/2017, 142–145.
- Yan, F., & Talanquer, V. (2015). Students' Ideas about How and Why Chemical Reactions Happen: Mapping the conceptual landscape. *International Journal of Science Education* 37 (18), 3066-3092.



## Der Einsatz von Augmented Reality in der Organischen Chemie

### Ausgangslage

Repräsentationen unterschiedlichster Art sind zentraler Bestandteil aller naturwissenschaftlichen Fächer und die Fähigkeit, diese kognitiv zu verarbeiten ist essentiell, um fachliche Inhalte und Konzepte verstehen zu können (Baker & Talley, 1972; NRC, 2006; Wu & Krajcik, 2006). Lernende haben allerdings häufig große Schwierigkeiten, fachbezogene Repräsentationen nachzuvollziehen und lernprozessrelevante Informationen aus diesen zu entnehmen (z.B. Oliver-Hoyo & Sloan, 2014). Insbesondere die Verarbeitung von dreidimensional-räumlichen Informationen kann Lernende kognitiv überfordern. Dies trifft vor allem dann zu, wenn neue fachliche Inhalte mit Hilfe von Repräsentationen erlernt werden sollen (Wu & Shah, 2004). Vor dem Hintergrund des sogenannten *representation dilemma* wird daher der Widerspruch diskutiert, dass von Schülerinnen und Schülern bzw. Studierenden verlangt wird, fachbezogene Repräsentationen innerhalb von Lerngelegenheiten zu nutzen, sie aber gegebenenfalls nicht über die entsprechenden Kompetenzen verfügen, diese Repräsentationen korrekt zu deuten (Gilbert, 2005, 2008; NRC, 2006; Rau, 2017).

### Theoretischer Rahmen

Grundsätzlich lassen sich Repräsentationen in externale und internale Repräsentationen differenzieren. Der Begriff externale Repräsentationen umfasst alle Formen der instruktionalen Informationspräsentation, wie beispielweise Visualisierungen, die innerhalb von Lernmaterialien eingesetzt werden, um fachliche Zusammenhänge zu veranschaulichen. Wu und Puntambekar (2012) unterscheiden die folgenden vier Formen externaler Repräsentationen:

- Verbal-textliche Repräsentationen (z.B. (Sach-)texte)
- Symbolisch-mathematische Repräsentationen (z.B. (Reaktions-)gleichungen)
- Visuell-grafische Repräsentationen (z.B. Simulationen)
- Handlungsbasiert-ausführende Repräsentationen (z.B. Realexperimente)

Aus kognitionspsychologischer Sicht ist es für optimale Lernprozesse entscheidend, dass es Lernenden gelingt, externale Repräsentationen in internale Repräsentationen, auch mentale Modelle genannt, zu überführen. Die *kognitive Theorie des multimedialen Lernens* (CTML; Mayer, 2009) sowie das verwandte *integrierte Modell des Text- und Bildverstehens* (ITPC; Schnotz & Bannert, 2003) erklären diesen Prozess auf theoretischer Ebene. Basierend auf Paivios (1990) *Dual-Coding-Theory* gehen beide Konzepte von zwei getrennten Informationsverarbeitungskanälen aus. Je nach Repräsentationsform werden Informationen im visuell-piktorialen bzw. im textlich-verbalen Kanal verarbeitet. Im Fall der visuell-piktorialen Informationsverarbeitung steht am Ende dieses Prozesses eine internale Repräsentation im Arbeitsgedächtnis, die durch inhaltsbezogene kognitive Schemata aus dem Langzeitgedächtnis ergänzt werden kann (Schnotz & Bannert, 2003). Hier zeigt sich die Notwendigkeit, fachliche Repräsentationen korrekt deuten zu können, um neue Informationen mit bestehendem Vorwissen zu verknüpfen.

Die hierfür nötige Repräsentationskompetenz kann allerdings nicht ohne Weiteres vorausgesetzt werden (Gilbert, 2005, 2008; NRC, 2006; Rau, 2017). Dies zeigt sich vor

allem, wenn das allgemein räumliche Vorstellungsvermögen in den Blick genommen wird. Wu und Shah (2004) zeigen in ihrem Übersichtsartikel, dass Lernende mit geringen Fähigkeiten bezüglich verschiedenster Aspekte des räumlichen Vorstellens generell größere Schwierigkeiten haben, fachspezifische Probleme zu lösen. Diese Problematik verschärft sich weiter, wenn die in der Literatur beschriebenen Geschlechterunterschiede hinsichtlich des räumlichen Vorstellungsvermögens berücksichtigt werden. So lassen sich zahlreiche Quellen finden, die belegen, dass Männer deutlich bessere Ergebnisse in Tests zum räumlichen Vorstellen erzielen als Frauen (z.B. Kimura, 2000; Terlecki & Newcombe, 2005; Voyer, Voyer, & Bryden, 1995). Mögliche Gründe für diese Befunde sind allerdings zahlreich, wobei inzwischen soziale und kulturelle Einflüsse als wichtigste Erklärungsfaktoren gelten (z.B. Barnea & Dori, 1999; Medina, Gerson, & Sorby, 1998; Tuckey, Selvaratnam, & Bradley, 1991).

Auf Grundlage der beschriebenen theoretischen Lage stellt sich also die Frage, wie Lernende dabei unterstützt werden können, externale in internale mentale Modelle zu überführen und welche instruktionalen Maßnahmen dafür geeignet sein könnten.

Ein vielversprechender Ansatz, um diesem Problem zu begegnen, ist die Einbettung von Augmented Reality (AR) Technologie in textbasierte Lernmaterialien. Allgemein bezeichnet AR die computerbasierte Einbettung virtueller Objekte in reale Umgebungen (Herber, 2012). AR-Lernszenarien bieten sich an, wenn komplexe dreidimensional-räumliche Informationen präsentiert werden müssen, die sich zweidimensional nur unzureichend darstellen lassen (Arvanitis et al., 2009; Bitter & Corral, 2014). Darüber hinaus soll AR-unterstütztes Lernen zu einem vertieften konzeptuellen Verständnis bei Schülerinnen und Schülern bzw. Studierenden führen können (Bacca et al., 2014; Radu, 2014).

### **Forschungsfragen und Design**

Bisher gibt es kaum empirische Untersuchungen zur Lernwirksamkeit von AR-unterstützten Lernumgebungen. Aus diesem Grund dient die hier beschriebene Studie als erste Annäherung an dieses Themenfeld. In einem ersten Schritt wird untersucht, ob Chemiestudierende AR-Repräsentationen nutzen können, um fachspezifische Aufgaben zu lösen. Diesbezüglich werden folgende Forschungsfragen untersucht:

**FF1:** Lösen Studierende Aufgaben zur Bestimmung der absoluten Konfiguration von Verbindungen häufiger korrekt, wenn den Aufgaben AR-Repräsentationen zugrunde liegen?

**FF2:** Lassen sich Geschlechterunterschiede bei der Lösungshäufigkeit der in Forschungsfrage 1 beschriebenen Aufgaben identifizieren?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Vergleichsstudie mit  $N = 31$  Chemiestudierenden (16 weiblich, 15 männlich) der Universität Duisburg-Essen durchgeführt. Allen Teilnehmenden wurde ein Testheft mit 20 *multiple-choice-single-select* Items vorgelegt, in dem es um die Bestimmung der absoluten Konfiguration von chemischen Verbindungen mit Hilfe der CIP-Regeln ging. Zum Zeitpunkt der Testung hatten bereits alle Teilnehmenden die grundlegende Veranstaltung zur organischen Chemie erfolgreich absolviert und waren mit der Anwendung der CIP-Regeln vertraut. Die Reihenfolge der Prioritäten der Substituenten war für jede Aufgabe im Itemstamm gegeben, um Unterschiede im Vorwissen auszugleichen. Während für die eine Hälfte der Items zweidimensionale Kugel-Stab-Abbildungen der relevanten Verbindungen verwendet wurden, lagen den anderen Aufgaben dreidimensionale AR-Repräsentationen zugrunde, die die Studierenden mit Hilfe ihres Smartphones sichtbar machen konnten. In der ursprünglichen Testversion konnten demnach maximal 20 Punkte (10 je Aufgabentyp) erreicht werden. Ergänzend

wurde als Maß für die mentale Rotationsfähigkeit der Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine verkürzte Version des *Purdue Visualization of Rotation Tests* (Bodner & Guay, 1997) eingesetzt. Die statistische Auswertung erfolgte im Wesentlichen mit Hilfe von Varianz- und Kovarianzanalysen.

### Ergebnisse

In einem ersten Schritt wurde zur Prüfung der internen Konsistenz der Skala eine Reliabilitätsanalyse durchgeführt. Aufgrund zu geringer Itemtrennschärfen von sechs Items (je drei pro Aufgabentyp) wurden diese für die Bildung der entsprechenden Summenscores nicht berücksichtigt, sodass sich ein  $\alpha_{\text{Cronbach}}$  für die bereinigte Gesamtskala von .70 ergab. Der anschließende Vergleich der mittleren Testscores für beide Aufgabentypen zeigte zunächst keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Lösungshäufigkeit. Wird jedoch das Geschlecht als fester Faktor mitberücksichtigt, zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen Studentinnen und Studenten ( $F(1, 28) = 6.375, p = .018, d = .95$ ) (Abb. 1).

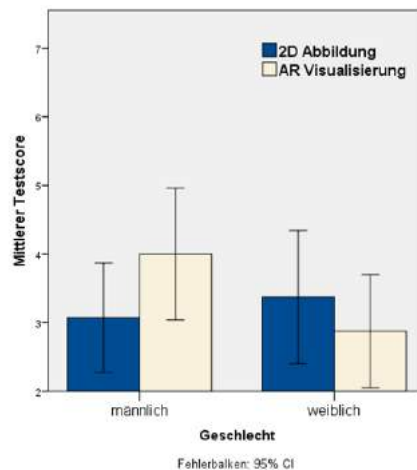


Abbildung 1: Mittlerer Testscore in Abhängigkeit vom Geschlecht

Während Studentinnen diejenigen Aufgaben mit 2D-Visualisierungen häufiger korrekt lösen, lösen die männlichen Teilnehmer diejenigen Aufgaben mit AR-Unterstützung häufiger richtig. Wird darüber hinaus die mentale Rotationsfähigkeit als Kovariate mitberücksichtigt, verstärkt sich dieser Effekt zusätzlich ( $F(1, 28) = 8.497, p = .007, d = 1.12$ ).

### Diskussion und Ausblick

Entgegen der ursprünglichen Erwartung profitieren insbesondere die männlichen Teilnehmer von den eingesetzten AR-Repräsentationen. Eine mögliche Erklärung für diesen Befund ist, dass im Rahmen der Aufgaben textbasierte Informationen (Prioritäten der Substituenten) und räumliche Informationen der Repräsentationen kombiniert werden mussten, was vor allem für Probandinnen und Probanden mit geringem räumlichen Vorstellungsvermögen zu kognitiver Überforderung führen kann (z.B. van Bruggen, Kirschner, & Jochems, 2002). Dennoch lässt sich ein förderliches Potential von AR-Repräsentationen erkennen und künftige Studien müssen untersuchen, wie diese sinnvoll in textbasiertes Lernmaterial integriert werden können, sodass Schülerinnen und Schüler bzw. Studierenden diese optimal nutzen können.

## Literatur

- Arvanitis, T. N., Petrou, A., Knight, J. F., Savas, S., Sotiriou, S., Gargalakos, M., & Gialouri, E. (2009). Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities. *Personal and ubiquitous computing*, 13(3), 243–250.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Graf, S. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 133.
- Baker, S. R., & Talley, L. (1972). The relationship of visualization skills to achievements in freshman chemistry. *J. Chem. Educ.*, 49(11), 775.
- Barnea, N., & Dori, Y. J. (1999). High-School Chemistry Students' Performance and Gender Differences in a Computerized Molecular Modeling Learning Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 8(4), 257–271. <https://doi.org/10.1023/A:1009436509753>
- Bitter, G., & Corral, A. (2014). The pedagogical potential of augmented reality apps. *Journal of Engineering Science Invention*. ISSN (Online), 2319, 13–17.
- Bodner, G. M., & Guay, R. B. (1997). The Purdue visualization of rotations test. *The Chemical Educator*, 2(4), 1–17.
- Gilbert, J. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. *Visualization in Science Education*, 9–27.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. In *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 3–24). Springer.
- Kimura, D. (2000). Sex and cognition ([Pbk. ed.]). A Bradford book. Cambridge Mass.: MIT Press.
- Mayer, R. E. (2009). Multimedia learning (2nd ed.). Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Medina, A. C., Gerson, H. B. P., & Sorby, S. A. (1998). Identifying Gender Differences in the 3-D Visualization Skills of Engineering Students in Brazil and in the United States.
- National Research Council, & Geographical Sciences Committee. (2006). Learning to think spatially. National Academies Press.
- Oliver-Hoyo, M., & Sloan, C. (2014). The development of a Visual-Perceptual Chemistry Specific (VPCS) assessment tool. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(8), 963–981. <https://doi.org/10.1002/tea.21154>
- Paivio, A. (1990). Mental representations: A dual coding approach: Oxford University Press.
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and ubiquitous computing*, 18(6), 1533–1543.
- Rau, M. A. (2017). Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 717–761. <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9365-3>
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Interest in Learning, Learning to Be Interested*, 13(2), 141–156.
- Terlecki, M. S., & Newcombe, N. S. (2005). How Important Is the Digital Divide? The Relation of Computer and Videogame Usage to Gender Differences in Mental Rotation Ability. *Sex Roles*, 53(5), 433–441. <https://doi.org/10.1007/s11199-005-6765-0>
- Tuckey, H., Selvaratnam, M., & Bradley, J. (1991). Identification and rectification of student difficulties concerning three-dimensional structures, rotation, and reflection. *Journal of Chemical Education*, 68(6), 460.
- Van Bruggen, J.M., Kirschner, P.A., & Jochems, W. (2002). External representation of argumentation in CSCL and the management of cognitive load. *Interest in Learning, Learning to Be Interested*, 12(1), 121–138. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00019-6](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00019-6)
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117(2), 250–270. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.117.2.250>
- Wu, H.-K., & Krajcik, J. S. (2006). Inscriptional practices in two inquiry-based classrooms: A case study of seventh graders' use of data tables and graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 63–95. <https://doi.org/10.1002/tea.20092>
- Wu, H.-K., & Puntambekar, S. (2012). Pedagogical Affordances of Multiple External Representations in Scientific Processes. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 754–767. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9363-7>
- Wu, H.-K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465–492.

### **Adaptives Lernen beim Experimentieren im Chemieunterricht**

Lernen im Chemieunterricht ist durch ein Spannungsfeld zwischen Zielgleichheit und Individualität geprägt. Verbindliche Vorgaben, wie die Festlegung von Bildungsstandards heben die gesellschaftliche Bedeutsamkeit naturwissenschaftlicher Grundbildung als Teil von Allgemeinbildung hervor (KMK, 2004; NRC, 2012). Gleichzeitig werden dadurch Kompetenzen festgelegt, über die jeder Mensch am Ende der Sekundarstufe I verfügen soll. Für den Chemieunterricht sind hier sowohl das Wissen über grundlegende Konzepte als auch über die fachspezifischen Denk- und Arbeitsweisen zu nennen (KMK, 2004). Besonders letztere stehen im Chemieunterricht in einem engen Zusammenhang zum Experimentieren (Wahser & Sumfleth, 2008). Bezüglich dieser erwarteten Kompetenzen im Bereich naturwissenschaftlicher Grundbildung zeigen große Schulleistungsstudien wie PISA 2015 und der IQB-Ländervergleich 2012 jedoch weniger ein einheitliches Niveau naturwissenschaftlicher Kompetenz als vielmehr eine große Varianz in den naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern innerhalb der Sekundarstufe I (Reiss, Sälzer, Schiepe-Tiska, Klieme, & Köller, 2016; Pant, Stanat, Schroeders, Roppelt, Siege, & Pöhlmann, 2013). Letztlich ergibt sich daraus besonders im Fachunterricht die Notwendigkeit, eine optimale Passung zwischen den individuellen Lernvoraussetzungen und den verbindlichen Bildungszielen zu erreichen (Helmke, 2013; Wischmann & Dietrich, 2014). Für den Chemieunterricht ist dies beim Experimentieren umso bedeutungsvoller, da hier ein wesentlicher Zugang zur Entwicklung konzept- und prozessbezogener Kompetenzen gleichermaßen liegt. Einen vielversprechenden Ansatz bietet an dieser Stelle der Einsatz von Interaktionsboxen (u.a. Walpuski & Sumfleth, 2007; Habig, van Vorst, & Sumfleth, 2018). Die Schülerinnen und Schüler arbeiten hierbei in Kleingruppen an einer vorgegebenen Problemstellung, die sie eigenständig mit Hilfe selbstständig geplanter Experimente lösen müssen. Dabei werden durch die hohe Schülerorientierung, die Offenheit der Lernaufgabe und die kooperative Lernprozessgestaltung bereits zentrale Forderungen für individualisiertes Lernen umgesetzt (vgl. Altrichter, Trautmann, Wischer, Sommerauer, & Doppler, 2009). Zusätzlich liegen Erkenntnisse über mögliche Unterstützungsmaßnahmen vor (Walpuski & Sumfleth 2007; Wahser & Sumfleth, 2008; Knobloch, Sumfleth, & Walpuski, 2013). In einer bereits abgeschlossenen Untersuchung konnten für den Einsatz verschiedener Unterstützungsangebote (Strukturierungshilfen, Feedback, Kommunikationsanregung) in gymnasialen Lerngruppen keine differentiellen Effekte dieser gefunden werden (Kirstein, Habig, & Walpuski, 2018). Unabhängig vom Leistungsvermögen und der Art der Zusammensetzung einer Kleingruppe zeigte sich ein deutlicher Vorteil für eine Unterstützung durch Feedback. Der Einsatz des Feedbacks unterlag dabei festgelegten Rahmenbedingungen und wurde nicht adaptiv an einzelne Gruppen angepasst (vgl. Walpuski & Sumfleth, 2007). Somit liegen bisher keine Erkenntnisse darüber vor, wie Unterstützungs- und Differenzierungsmaßnahmen gestaltet sein müssen, um adaptives Unterstützung beim eigenständigen Experimenten zu ermöglichen. Da sich besonders beim eigenständigen Experimentieren eine Vielzahl zum Teil individueller Schwierigkeiten beobachten lassen (Kechel, 2016; Baur, 2018; Wahser & Sumfleth, 2008), kann hier ein Ansatzpunkt für gezielte Unterstützungsangebote gesehen werden. Dazu ist es jedoch

zunächst notwendig, themenübergreifend zentrale Schwierigkeiten herauszuarbeiten und diese mit den individuellen Lernvoraussetzungen in Beziehung zu setzen.

Die dargestellte Ausgangslage stellt den Bezugsrahmen für ein Projekt dar, in dem der übergeordneten Frage nachgegangen wird, welche Maßnahmen notwendig sind, um eine adaptive Lernprozessgestaltung beim kooperativen Experimentieren zu erreichen. Dazu wird in einer Teilstudie zunächst geklärt, welche Schwierigkeiten Schülerinnen und Schüler beim kooperativen Experimentieren haben und wie diese von den individuellen Lernvoraussetzungen abhängen. Dazu wurde der Einsatz von jeweils zwei aufeinander aufbauenden Interaktionsboxen zu unterschiedlichen Themen (Batterien, Ozeanversauerung, Mineralwasser) mit Hilfe quantitativer und qualitativer Forschungsmethoden untersucht. Unmittelbar vor der Bearbeitung der Interaktionsboxen wurden für das kompetenzorientierte Experimentieren bedeutsame Lernvoraussetzungen mit Hilfe passender Tests zu den Skalen „Fachwissen“ (eigene Entwicklung für die eingesetzten Themen; Celik & Walpuski, 2018), „kognitive Fähigkeiten“ (Heller & Perleth, 2000) und „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen“ (Mannel, Walpuski & Sumfleth, 2015; Koenen, Emden, & Sumfleth, 2017) erfasst. Die Zusammensetzung der Kleingruppen beim Experimentieren mit den Interaktionsboxen wurde systematisch auf der Grundlage der Testergebnisse und angegebener Schülerwünsche vorgenommen. Zusätzlich wurden einige Kleingruppen während der Bearbeitung videographiert.

Die untersuchte Stichprobe umfasst 150 Schülerinnen und Schüler (38 Kleingruppen) des dritten Lernjahres im Fach Chemie an unterschiedlichen Schulformen in Nordrhein-Westfalen. Von 25 Kleingruppen liegen zusätzlich Videodaten über jeweils zwei Arbeitsphasen vor, die mit Hilfe des Verfahrens der qualitativen Inhaltsanalyse (vgl. Mayring, 2010) ausgewertet wurden. Die Auswertung der Tests erfolgte IRT-basiert.

*Tab.1 Teststatistiken zu den eingesetzten Testskalen*

|             | Skala                                |                                  |                                                 |
|-------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
|             | <i>Fachwissen<br/>(Themen 1/2/3)</i> | <i>Kognitive<br/>Fähigkeiten</i> | <i>naturwissenschaftliche<br/>Arbeitsweisen</i> |
| EAP/PV-Rel. | .616/.443/.565                       | .703                             | .685                                            |
| $r_{it}$    | .14 - .59                            | .17 - .65                        | .24 - .61                                       |
| wMNSQ-Werte | 0.89 - 1.12                          | 0.83 - 1.10                      | 0.87 - 1.19                                     |
| t-Werte     | -0.5 - 1.0                           | -1.3 - 1.4                       | -1.2 - 2.3                                      |

Die eingesetzten Tests zu den Skalen „kognitive Fähigkeiten“ und „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen“ zeigen zufriedenstellende Reliabilitäten und Teststatistiken (Boone, Staver, & Yale, 2014). Für die Tests zur Erfassung des Fachwissens in den einzelnen Themenbereichen liegen die Reliabilitäten unterhalb eines akzeptablen Bereichs (Boone, Staver, & Yale, 2014). Aus Gründen der inhaltlichen Validität wurde hier jedoch auf eine Selektion von Items mit niedriger Trennschärfe verzichtet. Für die Folgeuntersuchung wird der Test überarbeitet.

Für die anschließende Videoanalyse konnten von jeder videographierten Kleingruppe zwei Arbeitsphasen zu je 25 Minuten herangezogen werden. In Vorbereitung zur Auswertung des Videomaterials wurden bestehenden Forschungsergebnisse (Kechel, 2016; Baur, 2018; Wahser & Sumfleth, 2008) zunächst dazu genutzt, um deduktiv Kategorien zur Beschreibung der Teilbereiche „Schülertätigkeiten“ und „Schülerschwierigkeiten“

herauszuarbeiten. Diese wurden im Anschluss an eine systematische Sichtung des Videomaterials durch induktive Kategorienbildung zu einem Kodiermanual zur themenübergreifenden Erfassung beider Teilbereiche zusammengefasst. Das Manual umfasst insgesamt 13 Kategorien zur Beschreibung aufgabenbezogener Schülertätigkeiten und 14 Kategorien zur Beschreibung themenunabhängiger Schwierigkeiten. Ein Teil der Kategorien lässt sich den Phasen der Planung, Durchführung und Auswertung zuordnen.

Die Kodierung des Videomaterials erfolgte in zwei Durchgängen zeitbasiert in 10-Sekunden-Intervallen. In einem ersten Durchgang wurden zunächst die Schülertätigkeiten kodiert, die als Grundlage für einen zweiten Kodierdurchgang zur Erfassung der Schülerschwierigkeiten dienen. Die Kodierung des Teilbereichs „Schülerschwierigkeiten“ wurde dabei ebenfalls für jedes Intervall vorgenommen. Intervalle, in denen keine Schwierigkeiten zu beobachten sind, wurden mit der entsprechenden Kategorie „keine Schwierigkeiten“ kodiert. Darüber hinaus war es möglich, eine durch die Schülerinnen und Schüler eigenständige vorgenommene Klärung von Schwierigkeiten mit einer entsprechenden Kategorie zu kodieren. Eine Schwierigkeit wurde insgesamt solange kodiert, wie diese innerhalb aufeinander folgender Intervalle zu beobachten war.

Tab. 2 Ausschnitt aus dem Kodiermanual (Teilbereich „Schülerschwierigkeiten“)

| Phase           |                                                                                                                                                 |                                                                                               | übergeordnet                                                                                                                             |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Planung</i>  | <i>Durchführung</i>                                                                                                                             | <i>Auswertung</i>                                                                             |                                                                                                                                          |
| falscher Ansatz | ungeeignete Verwendung des Materials<br>unvollständiges Experiment<br>nicht zielführendes Experiment<br>fehlende/fehlerhafte Variablenkontrolle | keine zielführenden Ergebnisse<br>unerwartete Ergebnisse<br>Probleme bei der Schlussfolgerung | fehlerhafte Vorstellungen<br>Passungsprobleme<br>Unsicherheiten<br>Planlosigkeit<br>fehlende Nachvollziehbarkeit<br>inhaltliche Probleme |

Eine erste Evaluation des Kodiermanuals liefert für das entwickelte Kodiermanual eine Interrater-Reliabilität von  $\kappa = .457$ , was ausgehend von anerkannten Bewertungskriterien (vgl. Wirtz & Caspar, 2002) als unzureichend zu werten ist ( $\kappa < .60$ ). Eine Optimierung des Kodiermanuals unter Anwendung geeigneter Strategien (vgl. Wirtz & Caspar, 2002) ist Gegenstand aktueller Forschungsarbeit.

Im weiteren Verlauf des Projekts werden die Videodaten mit Hilfe des optimierten Kodiermanuals ausgewertet und die daraus gewonnenen Ergebnisse mit den Leistungsdaten in Beziehung gesetzt. Die Erkenntnisse aus dieser korrelativen Analyse werden anschließend dazu genutzt, um Maßnahmen zur gezielten Förderung zu entwickeln. Die Lernwirksamkeit dieser Differenzierungsmaßnahmen wird abschließend mit Hilfe quantitativer Forschungsstrategien in einem Interventionsgruppendesign an einer größeren Stichprobe unterschiedlicher Schulformen ( $N \approx 500$ ) evaluiert.

## Literatur

- Altrichter, H., Trautmann, M., Wischer, B., Sommerauer, S., & Doppler, B. (2009). Unterrichten in heterogenen Gruppen: Das Qualitätspotential von Individualisierung, Differenzierung und Klassenschülerzahl. In W. Specht (Hrsg.), *Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen* (S. 341-369). Graz: Leykam.
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren. Ergebnisse einer videogestützten Beobachtung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Juli 2018.
- Boone, W. J., Staver, J. R., & Yale, M. S. (2014). *Rasch analysis in the human sciences*. Dordrecht [u.a.]: Springer.
- Celik, K. & Walpuski, M. (2018). Learning Progressions-Erwerb von fachlichen Kompetenzen im Fach Chemie. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 134). Universität Regensburg
- Habig, S., van Vorst, H., & Sumfleth, E. (2018). Merkmale kontextualisierter Lernaufgaben und ihre Wirkung auf das situationale Interesse und die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0077-8>
- Helmke, A. (2013). Individualisierung: Hintergrund, Missverständnisse, Perspektiven. In *Pädagogik* 02/13, Individualisierung im Fachunterricht (S. 34-37).
- Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hook'schen Gesetz*. Berlin: Logos Verlag.
- Kirstein, D., Habig, S. & Walpuski, M. (2018). Umgang mit Leistungsheterogenität beim Experimentieren im Fach Chemie. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 780). Universität Regensburg
- Knobloch, R., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2013). Förderung der Qualität fachinhaltlicher Schüleräußerungen in experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 19, 2013.
- Koenen, J., Emden, M., & Sumfleth, E. (2017). Naturwissenschaftlich-experimentelles Arbeiten Potenziale des Lernens mit Lösungsbeispielen und Experimentierboxen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, März 2017.
- Mannel, S., Walpuski, M., & Sumfleth, E. (2015). Erkenntnisgewinnung: Schülerkompetenzen zu Beginn der Jahrgangsstufe 5 im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, April 2015.
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften (S. 601-613).
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (2016). *PISA 2015 - Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster: Waxmann.
- Ständige Konferenz der Kultminister (KMK). (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Trautmann, M., & Wischer, B. (2011). *Heterogenität in der Schule - Eine kritische Einführung*. Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften.
- Wahser, I., & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 14, 2008.
- Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2007). Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 13, 2007.
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. *Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Göttingen: Hogrefe.
- Wischmann, A., & Dietrich, C. (2014). Genese von Heterogenität im Fachunterricht. Ein Beitrag zur Kontextualisierung von Differenzierungspraktiken. *Bildungsforschung* 11 (1), S. 1-13.



## **Verständnis von wissenschaftlichem Experimentieren von Physik Lehramtsstudierenden**

### **Berücksichtigung von NdN-Inhalten im Lehramtsstudium**

Neben der systematischen Berücksichtigung von NdN-Sachverhalten in allgemeinen fachlichen und fachdidaktischen Lehrveranstaltungen empfehlen McComas et al (1998), Lehramtsstudierende in Forschungsprozesse einzubinden. Darüber hinaus sollten Lehrveranstaltungen angeboten werden, in denen Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsgeschichte direkt vermittelt werden. Die Autoren betonen, dass in diesen Lehrveranstaltungen klar thematisiert werden muss, in welcher Weise das Wissen im Unterricht sinnvoll eingesetzt werden kann. Eine Reihe von Publikationen (Abd-El-Kahlick & Lederman, 2000; Schwartz, Lederman & Crawford, 2004) machen außerdem darauf aufmerksam, dass die Vermittlung von konzeptuellen Vorstellungen zu NdN bei Lehrkräften explizit und reflexiv sein muss. Aktuell gilt neben dem Nachvollzug historischer Forschung, das angeleitete forschende Lernen (Inquiry based learning) als besonders aussichtsreich für explizites und reflexives Lernen der NdN (Deng, Chen, Tsai, & Chai, 2011; Teixeira, Carraça, Markland, Silva, & Ryan, 2012)

### **Bildungs-Forschungsprojekt SOLARbrunn – mit der Sonne in die Zukunft**

Das Bildungs- Forschungsprojekts SOLARbrunn – mit der Sonne in die Zukunft<sup>1</sup> verfolgte diesen Ansatz: Schülerinnen und Schüler einer Höheren Technischen Lehranstalt (HTL) sollten gemeinsam mit Studierenden ein Problem, situiert in einem lokalen Kontext forschend lösen. Sie wurden unterstützt und angeleitet von den Lehrkräften der HTL sowie einem interdisziplinären Forschungsteam. Konkret sollten sie forschungsähnlich angelegte Untersuchungen planen, durchführen und auswerten, um empirisch begründete Aussagen darüber zu generieren inwiefern Solarenergie genutzt werden kann, um ein bestehendes Gebäude, einen Kindergarten in einer Kleinstadt in Niederösterreich in ein sogenanntes „Green Building“ umzuwandeln<sup>2</sup>.

### **Forschungsdesign**

Die Studierenden waren jeweils während eines Semesters in das Projekt im Rahmen des Projektpraktikums „Vorbereitung und Durchführung eines interdisziplinären Projekts zur Nutzung von Solarenergie in einer Region und Auswertung der Ergebnisse gemeinsam mit einer HTL“ eingebunden. Im Rahmen der Lehrveranstaltung mussten sich die Studierenden zum mit Fachwissen (Photovoltaik, Solarthermie) aber auch mit Literatur zu NdN sowie forschendem Lernen (Höttecke, 2001, 2010) auseinandersetzen sowie forschungsbasiert einen Vorschlag für die Nutzung von Solarenergie im Kindergarten parallel zu den HTL-Schülerinnen und Schülern erarbeiten. Basierend auf dieser Auseinandersetzung mit Aspekten von experimenteller physikalischer Forschung sollten die Studierenden eine Lernumgebung entwickeln, sie im Rahmen einer Orientierungsveranstaltung für zukünftige Physikstudierende an der Universität Wien durchzuführen und anschließend reflektieren.

<sup>1</sup> Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung im Rahmen von Sparkling Science in der Zeit von 2014-2017 gefördert.

<sup>2</sup> Ein „Green Building“ oder Nachhaltiges Gebäude ist ein Gebäude, das bei größtmöglicher Energieeffizienz und Ressourcenschonung gleichzeitig die komplexen, teilweise auch widersprüchlichen Bedürfnisse der Nutzerinnen und Nutzer berücksichtigt.

In einem qualitativen Prä-Post-Design wurde der Frage nachgegangen, wie die Teilnahme an einer Forschungs-Bildungskoope-ration das Verständnis der Studie-renden von wissenschaftlichem Experimentieren und dessen Rolle in der Genese ‚neuen‘ Wis-sens beeinflusst. Basis für die Da-tenerhebung war ein Fragebogen auf Basis der Erhebungsinstru-mente VNOS (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002) und VOSI (Schwartz, Lederman, & Lederman, 2008)<sup>3</sup>. Der Fragebogen wurde nicht nur zu Beginn der Lehrveranstaltung den Studierenden vorgelegt, son-

dern diente zudem während des Seminars als Reflexionsinstrument. Am Ende des Semesters wurden die Studierenden gebeten, sich noch einmal mit ihren Antworten auseinanderzusetzen und ihre aktuelle Sicht im Portfolio darzustellen. Um Unklarheiten und Widersprüchlichkeiten in den Aufzeichnungen zu klären, wurden die Studierenden von der Lehrveranstaltungsleitung zu ihren Vorstellungen zu NdN interviewt. Insgesamt liegen 18 Fragebögen und 18 transkri-bierte Interviews vor. Fragebögen und Interviews wurden einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2003) unterzogen. Folgende Kategorien liegen der Kodierung zugrunde:

- Vorstellungen von der Natur des Wissens (Ontologie)
- Vorstellungen zum Experimentieren
- Dynamik der Naturwissenschaften (soziale, gesellschaftliche und subjektive Aspekte)

### Ergebnisse

Aus den Fragebögen geht hervor, dass sich die Studierenden vor diesem Praktikum kaum mit wissenschafts- oder erkenntnistheoretischen Aspekten der Physik auseinandergesetzt haben – mit Ausnahme von S1, dessen Zweitfach Philosophie ist.

Im Hinblick auf die Natur physikalischen Wissens dominieren im Prätest naiv-realistische Vorstellungen. Dem Experimentieren wird als Methode der Erkenntnisgewinnung in der Phy-sik große Bedeutung zugemessen. Es gab allerdings keinen Studierenden, der die Facetten wissenschaftlichen Experimentierens differenziert und umfassend beschreiben konnte. Auf die Bedeutung von Theorie für die die Entwicklung oder die Interpretation von Experimenten gehen nur wenige Studierende ein (3/18). Experimente sind wichtig, um theoretisches Wissen zu überprüfen (8/18 Studierenden). Sie werden zum Teil auch als Gegensatz zur Theorie ge-sehen oder auch „als Schlüssel, der einen Bezug zur tatsächlichen Umwelt“ herstellt (S18). Als Merkmale wissenschaftlichen Experimentierens nennen die Studierenden, dass Experi-mente reproduzierbar sein müssen (6/18) oder, dass sie unter „gewissen Rahmenbedingun-gen“ durchgeführt werden müssen (5/18). Auch das Variieren von Parametern wird angespro-chen (3/18). Allerdings wird kaum erwähnt, dass einem Experiment eine Forschungsfrage vo-rausgehen muss oder dass Experimente sorgfältig dokumentiert werden müssen.

| FORSCHUNG |                           | PRAKTIKUM                                                                                                                |
|-----------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VNOS/VOSI | Anfangs-<br>erhebung      | <b>FACHWISSEN</b><br>Input & Reflexion                                                                                   |
|           | Reflexions-<br>instrument | <b>DATEN</b><br>Erhebung (Schüler*innen)<br>Interpretation<br>(parallel Schüler*innen/Studierende)<br>Diskussion         |
|           |                           | <b>ENTWICKLUNG EINER MASS-<br/>NAHME</b><br>(parallel zu Schüler*innen)<br><b>NOS &amp; INQUIRY</b><br>Input & Literatur |
|           | Interview                 | <b>ENTWICKLUNG EINER LERN-<br/>AUFGABE</b>                                                                               |

Abb. 1: Begleitforschung und Projektpraktikum

<sup>3</sup> Die deutsche Übersetzung wurde von Ilse Bartosch & Roswitha Avalos Ortiz 2015 ausgearbeitet basierend auf einer Übersetzung von Irene Zilker 2008 und deren Erweiterung durch Anja Lembens 2010.

Bei der Erhebung nach dem Praktikum zeigte sich, dass sich die Vorstellungen zum Experimentieren nicht wesentlich änderten, sie wurden allerdings differenzierter und umfassender. Durch die praktische Arbeit wurde den Studierenden auch klar, dass die Entwicklung eines experimentellen Settings durchaus mühsam und langwierig sein kann. S2 spricht auch an, dass „*experimentelle Ergebnisse Diskurse eröffnen*“ Außerdem gelang es etwa S5, einen systematischen Zusammenhang zwischen Theorie und Experiment herzustellen und Evidenzen und Daten zu differenzieren. Während zu Beginn Kreativität maximal beim Ersinnen von Experimenten den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zugeschrieben wurde, hat sich das in der Postuntersuchung bei den meisten Studierenden auf alle Phasen des Experiments ausgeweitet. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass den Studierenden bewusst wurde, dass Experimente nicht nach einem vorgegebenen Schema ablaufen.

Darüber hinaus wurde durch das Eingebundensein der Studierenden in den Forschungsprozess klar, wie sehr Wissenschaft und Gesellschaft miteinander verwoben sind. Demnach „*spiegeln aktuelle Forschungen immer die derzeitigen Anliegen der Gesellschaft wieder*“ (S7). Das wurde allerdings von einer großen Zahl von (10/18) Studierenden als nicht wünschenswert erachtet.

Bei der Erstellung der Lernumgebungen, zeigte sich aber, dass das Muster der ‚Kochrezeptexperimente‘ tief in den Vorstellungen der Studierenden verankert war. Wie schwierig es ist, diese Konzeptualisierung von Experimentieren im Unterricht zu verändern und angemessene Materialien für einen Unterricht zu entwickeln, zeigte sich bei der Materialentwicklung für den Unterricht: Es hat vieler Überarbeitungen bedurft, bis die Lernumgebungen so weit gediehen waren, dass sie im Unterricht erprobt werden konnten.

### **Zusammenfassung & Schlussfolgerung**

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass – eine angemessene Rahmung durch eine Begleitlehrveranstaltung vorausgesetzt – die Mitarbeit von Studierenden in Bildungs-Forschungsprojekten dazu beitragen kann, deren Wissen über NdN zu erweitern. Das betrifft insbesondere das methodische Wissen sowie im speziellen Fall Wissen über die Wechselwirkung zwischen Naturwissenschaft und Gesellschaft. Allerdings scheint die singuläre Erfahrung während eines Semesters nur für wenige Studierende ausreichend zu sein, damit sie experimentelle Lernumgebungen, die forschendes Lernen anregen, erfolgreich planen und durchführen können.

### **Danksagung**

Ich bedanke mich bei Florian Budimaier für den fruchtbaren Diskurs bei der Datenanalyse sowie bei Roswitha Avalos Ortiz und Viktor Schlosser für Ideen und Anregungen.

### Literatur

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of Science in Science Education: Toward a Coherent Framework for Synergetic Research and Development. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1041-1060). Dordrecht: Springer
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., & Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, 95(6), 961-999.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften" *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(Jg.7), 7-23.
- Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*(119), 4-12.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Mayring, P. (2003). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim und Basel: Beltz UTB.
- McComas, W. F. (Ed.) (1998). *The Nature of Science in Science Education*. Dordrecht: Kluwer.
- Sakschewski, M., Eggert, S., Schneider, S., & Bögeholz, S. (2014). Students' Socioscientific Reasoning and Decision-making on Energy-related Issues - Development of a measurement instrument. *International Journal of Science education*, 36(14), 2291-2313
- Schwartz, R., Lederman, N., & Lederman, J. (2008). *An Instrument To Assess Views Of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire*.
- Teixeira, P. J., Carraça, E. V., Markland, D., Silva, M. N., & Ryan, R. M. (2012). Exercise, physical activity, and self-determination theory: A systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 9(1), 78. doi:10.1186/1479-5868-9-78

## Erhebung der experimentellen Performanz (Physik-)Studierender

### Ausgangslage und Ziele

Laborpraktika naturwissenschaftlicher Studiengänge zielen darauf ab, dass Studierende das Experimentieren und insbesondere die wissenschaftliche Erkenntnismethodik erlernen. Dies wird allerdings in den bestehenden Organisations- und Lernumgebungsstrukturen häufig nicht in zufriedenstellendem Maße erreicht (Welzel, 1998).

Vorhandene Testinstrumente (z.B. Arndt, 2016; Rehfeldt & Nordmeier, 2016; Sander, 2000; Straube, 2016) erheben zumeist einzelne Indikatoren erfolgreichen Experimentierens. Im hier vorgestellten Projekt wird dagegen die Tiefenstruktur experimenteller Performanz vor dem Hintergrund des Gesamtprozesses analysiert. Das dabei zu entwickelnde Bewertungsmodell soll neben einer differenzierten Wirkungsanalyse unterschiedlicher Praktikumskonzepte Hinweise für eine Diagnose individueller Fähigkeiten ermöglichen.

### Theoretische Grundlagen

Für die Entwicklung des Bewertungsmodells werden Handlungsbeschreibungen generiert, die eine valide Erhebung der studentischen Performanz am Ende des Anfängerpraktikums ermöglichen sollen. Unter Performanz wird in diesem Projekt das nach Neuweg (2011) definierte Können, oder auch *Wissen 3* verstanden. Es wird also aus den gezeigten Handlungen auf die zugrundeliegenden Dispositionen und kognitiven Strukturen geschlossen. Dazu ist es nicht nötig, dass der Könnler sein Können auch verbalisieren kann.

Das wissenschaftliche Experimentieren an Universitäten unterliegt grundsätzlich anderen Zielsetzungen als schulisches Experimentieren (Höttecke, 2015), so dass eine Definition des universitären Experimentierens entwickelt worden ist: Ziel ist das stabilisierende (Galison, 1987) Herauspräparieren der Eigenschaften physikalischer Phänomene (Tetens, 1987), „die in ein kohärentes Verhältnis zu Theorie und Praxis gebracht werden können“ (Höttecke, 2015, S.133). Dafür werden vertieft vernetzte Fähigkeiten und Fertigkeiten zusammen mit höchst flexibel einsetzbaren Wissensbeständen benötigt. Neben dem Entwickeln einer Fragestellung und Hypothesen, dem Planen, Aufbauen, Durchführen und Auswerten experimentell gewonnener Daten (Emden, 2011) nehmen auf universitären Niveau experimentelle Fähigkeiten wie z.B. das Testen und Optimieren experimenteller Aufbauten sowie das differenzierte Beurteilen der Ergebnisse vor dem Hintergrund des Gesamtprozesses einen hohen Stellenwert ein.

Auf universitärer Ebene existieren noch keine differenzierten Fähigkeitsbeschreibungen auf struktureller oder Gesamtprozess-Ebene. Weiterhin fehlt es an Instrumenten zur validen Messung der Qualität der Experimentierhandlungen oder der Differenziertheit der Argumentationen innerhalb des Gesamtprozesses. Heidrich (2017) hat für den Inhaltsbereich Optik versucht Richtigkeit, Zielorientierung und Strukturiertheit als globale Gütekriterien zu definieren und basierend auf videografierten Realexperimenten zu erheben. Dabei konnten für die ersten zwei Gütemaße valide Daten erhoben werden. Für die Strukturierung fehlen noch ausreichende Beschreibungen für mögliche Indikatoren (Heidrich, 2017). An dieser Stelle setzt das hier beschriebene Projekt an. Es werden in einem ersten Schritt anhand der gezeigten Performanz Handlungsbeschreibungen generiert, die eine differenzierte Kategorisierung der Performanz mit Fokus auf die Handlungsübergänge und der damit verbundenen Differenziertheit des experimentellen Vorgehens ermöglichen sollen.

### **Untersuchungsdesign**

Die Entwicklung des Bewertungsmodells wird durch die Erhebung experimenteller Performanz Physikstudierender am Ende des Anfängerlaborpraktikums mit Hilfe videografiert Realexperimente aus dem Inhaltsbereich Elektrodynamik realisiert.

Das Untersuchungsdesign besteht u.a. aus zwei unterschiedlich schweren, teilstrukturierten Aufgabenstellungen. Bei der leichteren Aufgabe haben die Studierenden mit allen Geräten und Inhalten schon experimentell gearbeitet. Mit den Inhalten und den Geräten bei der zweiten, der schwereren Aufgabe ist nur mit einigen Aspekten praktisch oder theoretisch gearbeitet worden. Beide Aufgabenstellungen basieren auf der gleichen Operationalisierung der experimentellen Kompetenz und sind für eine höhere Vergleichbarkeit bis auf die zu beantwortenden Fragestellung identisch strukturiert.

Die Erhebung läuft standardisiert ab: Zunächst werden demografische Daten erhoben. Danach erhalten die Probanden einen Fachwissenstext zur Einführung in ihr Experiment, um den Einfluss des individuellen Fachwissens zu minimieren. Im Anschluss beginnen die Probanden mit dem videografierten Bearbeiten einer der beiden Aufgaben. Sie werden dazu aufgefordert die absolvierten Teilschritte schriftlich zu begründen. Auf Lautes Denkens wurde wegen Validitätsbedenken und zur Senkung der kognitiven Belastung verzichtet (vgl. Konrad, 2014). In der Pilotstudie zeigte Lautes Denken lediglich eine Verbalisierung der Schrittabfolge und nicht der Denkprozesse der Probanden, ist hier also nicht hilfreich. Es wird durch die schriftlichen Begründungen während der Bearbeitung und durch die anschließenden Stimulated Recall Interviews kompensiert. Die Auswertung des Experimentes erfolgt an einem Laptop mit dem (aus dem Praktikum bekannten) Programm. An den Laptops kann außerdem im Internet recherchiert werden.

Nach einer ersten Auswertung der Probandendaten findet ein Stimulated-Recall-Interview statt, mit dem die getätigten Rekonstruktionen auf Basis der gezeigten Handlungen abgesichert werden sollen. Hierfür wurde ein standardisierter Interviewleitfaden theoriegeleitet entwickelt. Dabei werden Stimuli aus allen erhobenen Produkten (Video, Aufgabenmitschrift, Auswertungsdatei, Browserverlauf) verwendet.

In der Hauptstudie haben bisher vorrangig Physikstudierende am Ende des Grundpraktikums ( $n=8$ ) sowie ein Doktorand teilgenommen. Im Verlauf des nächsten Semesters werden weitere acht Studierende am Ende des Anfängerpraktikums, Studierende nach Beendigung der Bachelor- und Masterarbeit ( $n=2$ ) sowie Doktoranden ( $n=2$ ) erhoben, um eine möglichst hohe Varianz in den gezeigten Handlungen zu erzielen. Die große Varianz soll die Erstellung der Fähigkeitsniveaus und die Abgrenzung der einzelnen Stufen ermöglichen.

### **Fallrekonstruktion**

Im Folgenden wird beispielhaft aufgezeigt, wie die Auswertung der erhobenen Daten mittels komparativer Fallrekonstruktionen erfolgt. Durch den Ansatz, dass die einzelnen Handlungen vor dem Hintergrund des Gesamtprozesses interpretiert werden, um so Aussagen zu den zugrundeliegenden Dispositionen treffen zu können, ist eine qualitative Untersuchung der Tiefenstruktur erforderlich. Im Fokus stehen somit vor allem die Handlungssequenzen, in denen die Probanden Handlungsentscheidungen treffen, da dort die für die Entscheidungsprozesse notwendigen Fähigkeiten und Wissensbestände hinsichtlich ihrer Differenziertheit und Zielorientierung im Gesamtprozess analysiert werden können. Der Ansatz komparativer Fallrekonstruktionen erlaubt es sowohl auf individueller Ebene als auch vergleichend zwischen den Fällen die Tiefenstruktur der gezeigten Performanz zu analysieren. Dafür werden sowohl auf Bestandteile der dokumentarischen Methode (Bohnsack, 2013) für die Rekonstruktion der gezeigten Handlungsmuster (individuell und komparativ) als auch auf Elemente der Objektiven Hermeneutik (Regelgeleitetheit individueller Handlungsentscheidungen) zurückgegriffen (Oevermann, 1991).

Im Folgenden wird ein Beispiel für die Rekonstruktion der Fähigkeit (Mess-)Geräte

auswählen dargestellt anhand der Daten zweier Probanden (siehe Abb. 1), die zu der Teilaufgabenstellung aus der Phase Planung „Wählen Sie die Messgeräte und Materialien für die Beantwortung der Fragestellung aus und begründen Sie ihre Wahl“ entstanden sind.

Proband 1 wählt die (Mess-) Geräte ohne Bezug zu dem zu untersuchenden physikalischen Phänomen aus. Als Kriterium nennt er lediglich deren Bekanntheit. Andere Geräte bezieht er nicht ein. Die Fähigkeit (Mess-)Geräte auszuwählen beherrscht er nicht. Sein Ergebnis beträgt  $(8,5 \pm 0,6) \Omega$ . Im Interview wird ihm der korrekte Wert von  $10 \Omega (\pm 3\%)$  mitgeteilt. Dennoch beurteilt er sein Vorgehen als erfolgreich und würde dieses nicht ändern. Auch der deutliche Mangel hinsichtlich der Präzision des Ergebnisses führt nicht zu einem Überdenken der Messgerätewahl. Er scheint folglich auch die Fähigkeit, Messergebnisse auf Basis von Messgenauigkeiten zu beurteilen, nicht zu beherrschen.

| Proband 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Proband 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2 Multimeter, die am einfachsten sind<br/>         → 2 Multimeter, die am einfachsten sind<br/>         → 2 Multimeter, die am einfachsten sind<br/>         → 2 Multimeter, die am einfachsten sind<br/>         → 2 Multimeter, die am einfachsten sind</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>2 Multimeter, die am einfachsten sind<br/>         → 2 Multimeter, die am einfachsten sind<br/>         → 2 Multimeter, die am einfachsten sind<br/>         → 2 Multimeter, die am einfachsten sind<br/>         → 2 Multimeter, die am einfachsten sind</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p><b>Auszug aus dem Stimulated-Recall-Interview Proband 1:</b><br/>         I: Du hast in deinem Laborbuch auf Seite 1 begründet, warum du die Messgeräte gewählt hast. Könntest du mir noch einmal zusammenfassen, was deine Gründe waren?<br/>         P: Ich habe zwei Multimeter gewählt, die am einfachsten wirken, die ich schon mal gesehen hatte.<br/>         I: Ok, das heißt „einfach“ bedeutet in dem Fall nicht simpel sondern „kenne ich schon“?<br/>         P: Ja, also womit ich am vertrautesten war.<br/>         I: Hast du dir auch Gedanken gemacht, welche Spannungsquelle du wählst?<br/>         P: Ne, ich kannte nur die eine. Die andere habe ich mir gar nicht richtig angesehen.<br/>         [...]<br/>         I: Würdest du im Nachhinein, deine Messgeräte wieder so wählen, wie du es getan hast?<br/>         P: Ja, ich habe ja ein Ergebnis herausbekommen.</p> | <p><b>Auszug aus dem Stimulated-Recall-Interview Proband 2:</b><br/>         I: Du hast in deinem Laborbuch auf Seite 3 begründet, warum du die Messgeräte gewählt hast. Könntest du mir zusammenfassen, was deine Gründe waren?<br/>         P: Ich hab zuerst die Größenordnung der Widerstände bestimmt (mit einem Multimeter) und mir dann ja überlegt, welche Messbereiche und Intervalle ich mit den Multimetern messen muss und so. Ja und dann habe ich mich erinnert, dass Widerstände [Bauteil] eine Leistungsgrenze haben. Und dann habe ich das durchgerechnet und festgelegt bis wohin ich messen muss. Ja, ne und dann habe ich die zwei Multimeter genommen.<br/>         I: Ok, ich habe dann im Video gesehen, dass du auch zwei verschiedene Spannungsquellen verwendet hast.<br/>         P: Ja, ich wusste, dass der zweite Widerstand im MQ-Bereich liegt und da habe ich die andere Spannungsquelle gewählt, weil ich dann einen größeren Messbereich habe. Ja. Finde ich auch immer noch logisch.</p> |

Abb. 1: Beispielhafte Auszüge aus der Aufgabenmitschrift und dem Stimulated Recall Interview zweier Probanden.

Proband 2 wählt die Messgeräte mit Bezug zum physikalischen Phänomen aus, führt eine Testmessung durch und prüft die Eignung aller Geräte. Als Auswahlkriterien führt er neben Eigenschaften des Widerstandes (Bauteil) auch die Messbereiche der Multimeter an. Die Fähigkeit Messgeräte auszuwählen beherrscht er elaboriert. Als Ergebnis bestimmt der Student den Wert  $(9,81 \pm 0,04) \Omega$ . Nach Mitteilung des korrekten Wertes (nicht in Abb. 1 enthalten) beurteilt er sein Vorgehen auf Basis der bestimmten Messunsicherheit als erfolgreich und würde dieses nicht ändern. Er scheint folglich auch die Fähigkeit Messergebnisse auf Basis von Messunsicherheiten zu beurteilen zu beherrschen.

Im Vergleich verfügt Proband 2 über elaboriertere Fähigkeiten als Proband 1. Er zeigt eine hohe Differenziertheit bei seinen Analysen und Beurteilungen seiner Handlungsschritte sowie der erhobenen Daten. Proband 1 hingegen beschränkt sich auf seine bisherigen Erfahrungen und zeigt kaum differenzierte Handlungsentscheidungen. Er hat den Gesamtprozess des Experimentierens nicht im Blick, stattdessen arbeitet er lediglich die Aufgabenstellung ab und ist zufrieden ein Ergebnis erreicht zu haben.

### Ausblick

Im Laufe des nächsten Jahres soll die Hauptstudie abgeschlossen werden. In einem weiteren Schritt sollen mit Hilfe einer typenbildenden Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2012) Niveaustufen gebildet werden, welche mit Hilfe eines Expertenratings abgesichert werden sollen.

## Literatur

- Arndt, K. (2016). Experimentierkompetenz erfassen. Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie: Dissertation. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 202).
- Bohnsack, R.; Nentwig-Gesemann, I.; Nohl, A. (Hg.) (2013). Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung. 3., aktualisierte Aufl. Wiesbaden: Springer VS.
- Emden, Markus (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 118).
- Galison, P. L. (1987). How experiments end. Chicago: University of Chicago Press.
- Heidrich, J. (2017). Erfassung von Experimentierkompetenz im universitären Kontext. Entwicklung und Validierung eines Experimentiertests zum Themenbereich Optik. Kiel. Online verf.: [http://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation\\_derivate\\_00007080/DissHeidrich.pdf](http://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00007080/DissHeidrich.pdf).
- Höttecke, D.; Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. In: ZfDN 21 (1), 127–139.
- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In: Günter Mey und Katja Mruck (Hg.): Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden, 476–490.
- Kuckartz, U. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse Methoden, Praxis, Computerunterstützung (2. Aufl.). Weinheim Beltz Juventa.
- Neuweg, G. H. (2011). Das Wissen der Wissensvermittler. In: Terhart, E., Bennewitz, H., Rothland, M. (Hg.): Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. Münster: Waxmann, 451–477.
- Oevermann, U. (1991). Genetischer Strukturalismus und das sozialwissenschaftliche Problem der Erklärung der Entstehung des Neuen. In: S. Müller-Dohm (Hg.), Jenseits von Utopia. Theoriekritik und Gegenwart. Frankfurt/M., 267–336.
- Rehfeldt, D.; Nordmeier, V. (2016). Skalen zur Messung von Praktikumsqualität: Konfirmatorische Analyse der Struktur und Konstrukte. Didaktik der Physik: Frühjahrstagung, Hannover.
- Sander, F. (2000). Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum. Univ., Diss.-Bremen, 1999. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physiklernen, 13).
- Straube, P. (2016). Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik. Dissertation. Logos Verlag Berlin
- Tetens, H. (1987). Experimentelle Erfahrung. Eine wissenschaftstheoretische Studie über die Rolle des Experiments in der Begriffs- und Theoriebildung der Physik. Teilw. zugl.: Marburg, Univ., Habil.-Schr., 1986. Hamburg: Meiner (Paradeigmata, 8).
- Weinert, F. E. (2001). Concept of competence: A conceptual clarification. In D. S. Rychen & L. H. Salganik (Eds.), Defining and selecting key competencies, 45–65. Ashland, OH, US: Hogrefe & Huber Publishers.
- Welzel, M.; Haller, K. et al. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. Ergebnisse einer europäischen Umfrage. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft* 4 (1), 29–44.



Simon Schmuck<sup>1</sup>  
 Karsten Rincke<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Regensburg  
<sup>2</sup>Universität Regensburg

## Erklären und zielgerichtetes Experimentieren



Abb.1, Kluft zwischen Lebenswelt und wissenschaftlicher Welt (vgl. Müller, 2016, S.255)

Ein zentrales Ziel des Physikunterrichts ist es, den Lernenden die Betrachtung ihrer Lebenswelt aus der Sichtweise der Welt der Physik zu ermöglichen. Dabei stellt die wissenschaftliche Welt der Physik eine abstrakte, von der Lebenswelt getrennte Welt dar. Es liegt also eine Kluft zwischen Lebenswelt und Physik vor, welche der Physikunterricht aufzufüllen versucht (Müller 2016, S.18f, S.253ff). Wissenschaftliche Erklärungen nach Hempel und Oppenheim (1948) können dabei als Verbindungen zwischen den Welten verstanden werden, insofern eine allgemeingültige physikalische *Regel* aus der wissenschaftlichen Welt eine *Wahrnehmung* in der Lebenswelt erklärt. Bei dieser Verbindung ist nach Hempel et. al. eine dritte Komponente notwendig, welche sich im Bild der Welten zwischen *Wahrnehmung* und *Regel* befindet. Rieß et. al. (2012, S.47) übersetzen diese mit *Fall*. Weiter erläutern sie die Logik von vier Arten von Schlussfolgerungen, mit denen in der Wissenschaft aus Experimenten Erkenntnisse über die einzelnen Komponenten gewonnen werden und damit die Kluft geschlossen werden kann.

Im Folgenden werden die drei Komponenten einer wissenschaftlichen Erklärung nach Hempel et. al., die in dieser Arbeit mit *Wahrnehmung*, *Fall* und *Regel* bezeichnet werden, für die Anwendung in der Physik erläutert. Weiter soll erläutert werden, wie die wissenschaftlichen Schlussfolgerungen im Erkenntnisprozess im Physikunterricht angewendet werden können. Schließlich werden bekannte schultypische Vorgehensweisen beim Erkenntnisgewinn im Physikunterricht erläutert und mit der Systematik von Rieß et. al. in Verbindung gebracht. Dies führt insgesamt zu einer Systematik, aus der die Möglichkeit hervorgeht, zielgerichtet zu experimentieren und einen Beitrag zu leisten, die Kluft zwischen der Lebenswelt und der wissenschaftlichen Welt im Physikunterricht aufzufüllen.

### Die drei Komponenten einer wissenschaftlichen Erklärung

Um die drei Komponenten einer wissenschaftlichen Erklärung besser verstehen zu können, betrachten wir folgendes Beispiel.

**Versuch:** Halten Sie zwei Blatt DIN A4 parallel zu ihren Blattflächen in einem Abstand von 10cm vor sich in die Luft. Pusten Sie durch den Zwischenraum der Blätter.

**Wahrnehmung:** „Wenn ich durch den Zwischenraum puste, nähern sich die Blätter einander.“

**Erklärung:** Die Anwendung der *Regel* (*R*) von Bernoulli auf den vorliegenden *Fall* (*F*) führt zu folgender Erklärung der *Wahrnehmung* (*W*):

Wenn ich durch den Zwischenraum der Blätter puste (*W*), führt dies zu einer höheren Geschwindigkeit der Luft zwischen den Blättern (*F*). Dadurch kann die Regel von Bernoulli angewendet werden, wonach sich an Orten höherer Strömungsgeschwindigkeiten von Luft der Druck dort verringert (*R*). Demnach liegt im Zwischenraum der Blätter ein geringerer Druck als im Außenbereich der Blätter vor (*F*). Dieser Druckunterschied führt zu einer Kraft

von außen auf die Blätter (*F*). Diese führt zu der Bewegung der Blätter zueinander, was auch zu beobachten ist (*W*).

Die Komponente der **Wahrnehmung** beschreibt die in der Lebenswelt durch Sinne sowie Messgeräte wahrnehmbaren Erscheinungen und deren wahrnehmbaren Entstehungsbedingungen. Diese Komponente wird abweichend zu Rieß et. al. (2012, S.47) aufgrund unterschiedlicher Auffassungen des Begriffes Phänomen (vgl. Müller, 2016, S.14) in diesem Beitrag mit Wahrnehmung bezeichnet.

Vorliegend wird in der Wahrnehmung ein **Fall**, der Fall für die Regel von Bernoulli, identifiziert. Das ist nicht selbstverständlich und im Allgemeinen auch nicht ohne Alternative. Das Experiment verrät nicht, dass dieser Fall vorliege – grundsätzlich könnte auch der Fall einer ganz anderen Regel identifiziert werden. Die Aussage: „*die Geschwindigkeit der Luft zwischen den Blättern führt zu einem niedrigeren Druck*“ kennzeichnet, welcher Fall einer Regel hier angenommen wurde. Die Konkrektion einer Regel auf eine ganz bestimmte Situation entspricht dem Fall – dem Einzelfall einer Regel. Im Allgemeinen beschreibt die Komponente des Falles die Zusammenhänge der physikalischen Größen in einer konkreten Situation.

In Abgrenzung zur **Regel** erhebt der Fall keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit. Eine Regel bildet einen Teilaspekt derjenigen Welt, die aus physikalischen Begriffen und Konzepten gebildet wird. Die Regel von Bernoulli ist ein Teilaspekt unserer Welt unter physikalischer Perspektive.

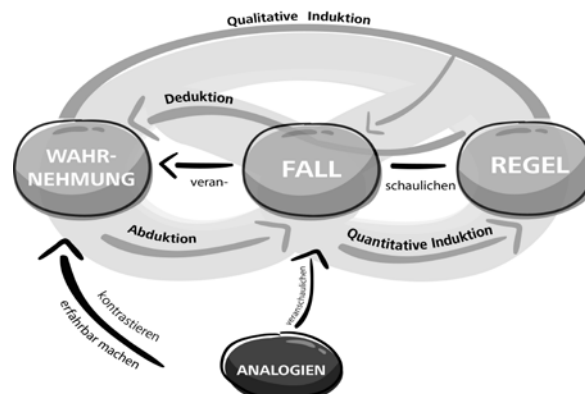


Abb.2, Die Erschließung der drei Komponenten, in Anlehnung an Rieß et. al. 2012, S.48

### Wissenschaftliche Vorgehensweisen

Um Erkenntnisse über die physikalische Perspektive auf unsere Lebenswelt zu gewinnen, gibt es bei der Überwindung der Kluft im Wesentlichen zwei Richtungen: Ein exploratives Vorgehen von der Wahrnehmung in Richtung der wissenschaftlichen Welt und ein explanatives Vorgehen in entgegengesetzter Richtung. Wie dabei der Ausgang eines Experiments zum Erkenntnisprozess beiträgt, bestimmt im Wesentlichen die Art der logischen Schlussfolgerung, in der das Experiment eingebettet ist. Rieß et. al. (2012, S.48ff) erläutern dazu vier Arten von Schlussfolgerungen anhand obiger drei Komponenten, welche im Erkenntnisprozess in der Wissenschaft eingesetzt werden. Um ein Experiment in den Vorgang einer Schlussfolgerung einbetten zu können, erweist es sich als heuristisch sinnvoll, sich beim Experimentieren die Frage vorzulegen, über welche der drei Komponenten durch den Ausgang des Experiments Aussagen getroffen werden sollen. So kann jeder Vorgehensweise eine Komponente zugeordnet werden, welche als Ziel des Experimentierens verstanden werden kann.

**Die Vorgehensweise der Deduktion** hat den *Vergleich* der **Wahrnehmung** mit einer aufgestellten Prognose zum Ziel. Dabei wird die Anwendbarkeit einer bekannten Regel auf einen vorliegenden Fall angenommen, sodass eine Prognose über den Ausgang des Experiments aufgestellt werden kann. Der Vergleich der Wahrnehmung mit der Prognose ermöglicht darüber hinaus Rückschlüsse auf die Gültigkeit der Regel und/oder deren Anwendbarkeit. So eignet sich dieses Vorgehen beispielsweise zum Testen von Hypothesen.

**Die Vorgehensweise der quantitativen Induktion** hat die *Motivation* einer **Regel** zum Ziel. Dabei wird von der Bekanntheit eines Falles ausgegangen, d.h., es liegt die Annahme vor, dass die für die Beschreibung der wahrgenommenen Erscheinung relevanten physikalischen Größen und deren Zusammenhänge bekannt sind. Die Annahme, dass die Zusammenhänge der physikalischen Größen auch in ähnlichen Situationen gelten, motiviert so eine Regel. In obigem Beispiel wird der Fall zu einer Regel verallgemeinert, indem der Zusammenhang zwischen Strömungsgeschwindigkeit und Druck auf beliebige Orte erweitert wird.

**Die Vorgehensweise der qualitativen Induktion** hat die *Identifikation* eines **Falles** zum Ziel. Dabei liegt folgende Überlegung zu Grunde: Wenn eine Regel die Wahrnehmung richtig beschreibt, kann angenommen werden, dass der Fall dieser Regel vorliegt. Diese Art den Fall zu identifizieren wird in Physiklehrbüchern (Bsp. Basler et. al. 2012, S.514; Schweitzer et. al. 2008, S.59) oft bei Anwendungsaufgaben am Ende eines Kapitels mit dem Operator „erkläre“ verlangt.

**Die Vorgehensweise der Abduktion** hat die *Konstruktion* eines **Falles** zum Ziel. Dabei wird von der Bekanntheit meist mehrerer Beschreibungen von Entstehungsbedingungen einer Erscheinung ausgegangen. Eine übersichtliche Darstellung der Beschreibung der Entstehungsbedingungen hilft, die Gemeinsamkeit - den Fall - ohne die Verwendung einer Regel zu konstruieren. Dabei erhebt der konstruierte Fall den Anspruch, die Vielzahl der Wahrnehmungen in sich zu vereinen.

### Schulische Vorgehensweisen

Neben den wissenschaftlichen Vorgehensweisen haben sich im schulischen Kontext Vorgehensweisen etabliert, die für sich im Allgemeinen keine Wege zwischen den Welten darstellen, sie aber durch die Erschließung einzelner Komponenten die wissenschaftlichen Vorgehensweisen unterstützen und so einen essentiellen Beitrag bei der Auffüllung der Kluft im Physikunterricht leisten.

**Erfahrbar machen** (Kircher 2009, S. 247, Wackermann 2013) bedeutet, **Wahrnehmungen** explizit mit den eigenen Sinnen zu ermöglichen.

**Wahrnehmungen kontrastieren** (Rincke 2016) bedeutet, zwei räumlich oder zeitlich getrennte Ereignisse zu schaffen, welche sich idealerweise nur in einer Eigenschaft unterscheiden, sodass ein Kontrast in den Wahrnehmungen den Unterschied zwischen den Ereignissen bewusst macht. Wird bei einem Experiment nur eine Variable variiert, entsteht ein Kontrast zwischen den Wahrnehmungen, der auf die Bedeutung der Variable hinweist.

**Vorstellungen über den Fall veranschaulichen durch Analogien** (Rincke 2016) geht von der Bekanntheit der Analogien zwischen einem Modell und einem vorliegenden Fall aus. Diese Analogien erlauben es, Vorstellungen über einen Fall zu entwickeln.

**Regel veranschaulichen** (Kircher 2009) stellt eine Vorgehensweise dar, bei der die Gültigkeit einer Regel im vorliegenden Fall durch die Wahrnehmung gezeigt wird. In Abgrenzung zur Deduktion wird hier auf die Aufstellung einer Prognose verzichtet.

### Der Kluft bewusst sein

Ein Studium der Physik lässt die Kluft zwischen Lebenswelt und wissenschaftlicher Welt möglicherweise aus dem Bewusstsein verschwinden. Sich als Experte der Physik auch der Perspektive der Laien auf ihre Lebenswelt bewusst zu sein, setzt das Sich-Bewusst-Sein für die Existenz einer Kluft voraus.

## Literatur

- Basler, M.; Tipler, P.; Mosca, G.; Dohmen, R.; Heinisch, C.; Schleitzer, A. & Zillgitt, M. (2012). Physik: für Wissenschaftler und Ingenieure. Spektrum Akademischer Verlag.
- Schweitzer, S., Vitz, S., Fösel, A., Sander, P., Götz, H-P., Thanner, A., Reinhard, B. Teichmann, J. (2008) Fokus Physik, Berlin, Cornelson Verlag.
- Hempel, C. G. & Oppenheim, P. (1948). Studies in the logic of explanation. Philosophy of Science, 15 (2), 135-175. Zugriff auf <https://doi.org/10.1086/286983>
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2009). Physikdidaktik. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Müller, M. (2016). *Grammatik der Natur - Von Wittgenstein Naturphänomene verstehen lernen* (Unveröffentlichte Dissertation). Humboldt-Universität zu Berlin / Bergische Universität Wuppertal.
- Rieß, W., Wirtz, M., Barzel, B. & Schulz, A. (2012). Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten (Bd. r). Waxmann Verlag GmbH.
- Rincke, K. (2016, Juli). Experimente in ihren Funktionen für das Lernen (Diskussionspapier). Regensburg. Zugriff auf <https://epub.uni-regensburg.de/36410/>
- Wackermann, R. & Priemer, B. (2013). Tiefenstrukturen im Physikunterricht mit Schülerexperimenten. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based learning – Forschendes Lernen. Tagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik in Hannover.

Freja Marena Kressdorf  
Thorid Rabe

Martin-Luther-Universität  
Halle-Wittenberg

### **Bildungswegentscheidungen von jungen Frauen unter Identitätsperspektive**

*„Ne ich hab ganz viele @Richtungen@ aber n::och nichts Festes ähm (.) ich glaub momentan ist die Tendenz halt wirklich zur Physik hin //mhm// äh seit der Fünften oder so war=s die ganze Zeit Architektur //ja// und dann hat mich das selbst so n bisschen schockiert, dass das es dann nicht mehr war. Ich weiß nicht. Ähm (.)“*

Zitat von Interviewpartnerin Sophie (Name wurde geändert)

Vor dem Hintergrund, dass im MINT-Bereich insb. in der Physik und den Ingenieurwissenschaften Frauen unterrepräsentiert sind, besteht seit Jahren ein Interesse zu untersuchen, was die Bildungswegentscheidungen von Schülerinnen bestimmt. Interessant ist hier die Phase des Übergangs nach dem Abitur, in der Fragen wie „Wer bin ich?“ und „Wer möchte ich in Zukunft sein?“ für die jungen Frauen relevant werden. Diese Fragen implizieren neben der Beschäftigung mit den eigenen Interessen eine Auseinandersetzung mit dem Stellenwert von Beruf, Beziehung und Familie für die eigene Zukunft.

Dem hier dargestellten (Promotions-)Projekt liegt die Annahme zugrunde, dass Bildungswegentscheidungen in einem komplexen und andauerndem Prozess stattfinden (Holmegaard, Ulriksen, & Madsen, 2012) - einen Einblick in die Prozesshaftigkeit von Bildungswegentscheidungen bietet das Eingangszitat von Sophie. Obendrein wird angenommen, dass Bildungswegentscheidungen eine eigene Logik besitzen und sich sinnvoll als Identitätsaushandlungen auffassen lassen (Rabe & Krey, 2018). In diesem Prozess treten die Individuen in komplexe und wechselseitige Interaktionen mit ihrer Umwelt (Morf, 2014). So sollen in dieser Studie nicht nur Studienwahlmotive erfasst werden, sondern ebenso kontextfernere Erklärungen für das Zustandekommen von Bildungswegentscheidungen herausgearbeitet werden. Im deutschsprachigen Raum wurde das Konstrukt der Identität in den Naturwissenschaftsdidaktiken bisher wenig genutzt. Ziel dieser Studie ist es, über die Untersuchung von Identitätsaushandlungsprozessen besser zu verstehen, was die Bildungswegentscheidungen junger Frauen hinsichtlich Naturwissenschaften auf der Ebene des Individuums bestimmt. Vor diesem Hintergrund stellen sich folgende Leitfragen:

- Wie handeln junge Frauen ihre Identität mit Blick auf Physik aus?
- Wer oder was sind relevante Bezugspunkte in ihrem Aushandlungsprozess?
- Wie gehen jungen Frauen mit möglichen Widersprüchen zwischen ihrer Wahrnehmung von MINT insb. Physik und ihrer eigenen Identität um?
- Wie entwickelt sich die Identität junger Frauen über eine längere Zeit?

#### **Theoretische Annäherung an das Konstrukt der Identität und der narrativen Identität**

Wie bereits angedeutet, soll bei der Untersuchung von individuellen Bildungswegentscheidungen das Identitätskonstrukt herangezogen werden. Unter Identität werden an dieser Stelle die subjektiven Vorstellungen über die eigene Person verstanden, die meist mit einem Gefühl von Kohärenz, Stabilität und Unterscheidbarkeit von anderen einhergehen (Lee, 2012). Identität lässt sich als Resultat von Konstruktionsprozessen verstehen und wird vom Individuum in der Interaktion mit anderen aktiv hergestellt. Damit besitzt Identität immer vorläufigen Charakter (Archer et al., 2010) und bedarf lebenslanger Anpassung (*Identitätsarbeit*) (Lucius-Hoene & Deppermann, 2002). Für den Prozess der Identitätsarbeit

sind neben der Ebene der Interaktion und der eigenen Person die Ebene der sozialen Strukturen relevant (Shanahan, 2009). In verschiedenen Kontexten kann Identität mit unterschiedlichem Ergebnis hergestellt werden, sodass es nahe liegt, auch von Identitäten im Plural zu sprechen (Shanahan, 2009). So können bei einzelnen Individuen z.B. Physikidentität und Genderidentität zueinander in einem Spannungsverhältnis stehen. Bei der Identitätsarbeit können zu unterschiedlichen Zeitpunkten verschiedene Aushandlungspartner (z.B. Lehrer\*innen oder Freund\*innen) unterschiedlich relevant werden (vgl. Rabe & Krey, 2018).

Im biographischen Erzählen wird (narrative) Identität aktuell hergestellt, indem das Individuum dem eigenen Erleben Sinn zuschreibt und in eigene Ziele integriert, und so an dem Gefühl von Kohärenz und Kontinuität arbeitet. Dabei ist das Individuum durch kulturelle Normen geprägt, von denen es den Sinn für sein (Er-)Leben ableitet (Morf, 2014). D.h. in konkreten Interaktionssituationen wird Identitätsarbeit geleistet, indem situativ relevante Aspekte der eigenen Identität narrativ dargestellt und hergestellt werden (Lucius-Hoene & Deppermann, 2002). Im Erzählen nimmt das erzählende Ich Bezug auf die eigene Person in der Vergangenheit, stellt diese auf bestimmte Weise dar und setzt sich damit selbst auf spezifische Art mit dem vergangenen Ich in Beziehung (Lucius-Hoene & Deppermann, 2002). Das Individuum kann sich im Erzählen jedoch auch mit verschiedenen Aushandlungspartnern abgleichen, indem es sich selbst zu z.B. einer konkreten Physikerin in Beziehung setzt.

### Erhebungsmethode

Um der Prozesshaftigkeit der Bildungswegentscheidungen gerecht zu werden, ist ein längsschnittliches Studiendesign vorgesehen, bei dem die individuellen Einflüsse auf die Identitätsarbeit berücksichtigt werden sollen. Organisatorisch ist die Studie an drei Akademien des vom BMBF geförderten Projekts HelpING angegliedert, die zur Berufsorientierung von Oberstufenschülerinnen dienen und innerhalb von drei Jahren an drei Standorten (Heidelberg, Halle (Saale), Pellworm) stattfinden (vgl. Edte in diesem Band). Um dem Identitätsfokus Genüge zu tun, werden narrativ fundierte Interviews geführt (Nohl, 2012), in denen erzählgenerierende Impulse die Schülerinnen auffordern, sich mit ihren Erinnerungen auseinanderzusetzen, sodass sie dabei auf ihre Erzählerfahrungen und allgemeine kommunikative Schemata zurückgreifen müssen. Die Interviewsituation ist dabei besonderer Art, da Erzählerin und Interviewerin keine gemeinsame Vorgeschichte besitzen, sodass eine vollständige Darstellung der erzählten Situation gefordert ist. Die Situation bietet außerdem einen geschützten Raum, in dem sich die Erzählerin handlungsentlastet bewegen kann (Lucius-Hoene & Deppermann, 2002).

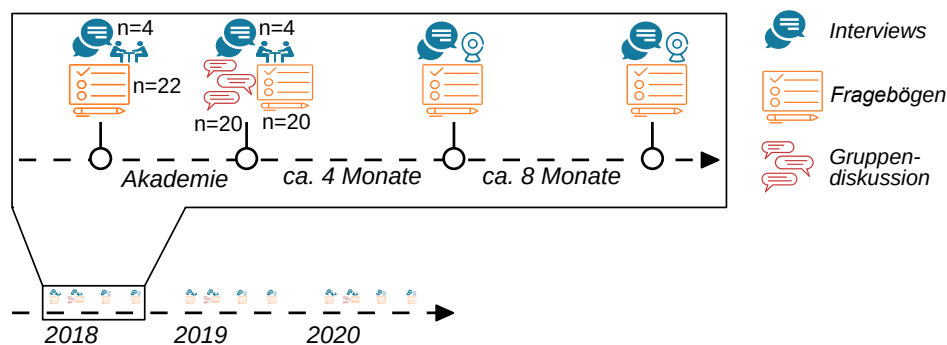


Abb. 1: Zeitstrahl zu Erhebungszeitpunkten

Die eben beschriebenen Interviews wurden bisher zu prä- (1. Akademietag), post- (letzter Akademietag) und einem follow up-Zeitpunkt mit vier Teilnehmerinnen der ersten Akademie geführt (vgl. Abb.1). Geplant ist noch mindestens ein weiterer Erhebungszeitpunkt im follow up, um möglichst die innere Verhandlung der (ersten) Ausbildungs-/Studienwahl mit zu erfassen. Des Weiteren sind noch zwei vollständige Erhebungsdurchläufe mit mind. acht weiteren Probandinnen zu den nächsten Akademien geplant. In einer Fragebogenstudie mit allen Akademie-Teilnehmerinnen werden parallel zu den Interviews u.a. die Wahrnehmung der eigenen Person und Motive für Ausbildungs-/Studien- und Berufswahl erfasst. Ferner werden am Ende jeder Akademie Gruppendiskussionen in Kleingruppen mit allen Teilnehmerinnen geführt und darin Technik, gesellschaftliche Verantwortung und Berufswahl thematisiert und so versucht informelle Gruppenmeinungen mit zu erfassen.

### Auswertungsideen

Die ersten Interviews wurden transkribiert und sollen unter Identitätsperspektive ausgewertet werden. Ein Einblick in das Datenmaterial soll anhand eines Transkriptausschnitts aus dem 1. Erhebungszeitpunkt (s. Abb. 2) gegeben werden. Dieser zeigt, dass Identitätsaushandlungen etwas Prozesshaftes sind und Identitätsarbeit während des Interviews stattfindet. Ferner scheint ein bestimmtes Bild von Physik(er\*innen) auf – laut der Probandin interessieren sich typische Physiker\*innen „vielleicht“ nicht noch für andere Sachen. So gibt der Ausschnitt auch einen Hinweis darauf, dass Identitätsaushandlungen immer etwas damit zu tun haben, wie man sich in Bezug zu anderen Personen wie z.B. zu Freund\*innen oder einem zufällig bekannten Physiker sieht.

I: Okay. (.) Und siehst du dich dann als typische Physikerin? #00:18:31#

S: (5) Keine Ahnung, ähm ich glaub dazu kenn ich zu wenige. #00:18:41#

I: Oder (.) siehst du dich vielleicht (.) gerade als nicht typische Physikerin? #00:18:47#

S: Ja vielleicht. (.) Also vielleicht weil ich (.) ähm (.) weil ich so spät dazu gekommen bin weil irgendwie so (.) also alle meine Freunde die Physik vierstündig haben und die irgendwie drüber nachdenken damit was zu machen, ähm (2) haben (.) relativ (.) früh (.) sich dafür interessiert und sowas und das is bei mir irgendwie voll spät gekommen also vielleicht dadurch dass dadurch dass dann von den n bisschen unterscheidet aber. //mmh// Ja. (2) //mmh// Und vielleicht dadurch, dass mich noch (.) andere Sachen @interessieren@. Ich weiß nicht, ich hab, wobei, ne das stimmt gar nicht ähm. Weil ich war jetzt in, im Schwarzwald auf ner Orchesterfreizeit //ja// und da war ich in ner Gastfamilie und da war der Vater Physiker und der hatte n riesiges Allgemeinwissen, das war richtig beeindruckend, der hatte überall Bücher stehn, das war total spannend. Ähm //aha// und war auch n großer Musikaner das war echt. Ja. //kannst// Also das war echt beeindruckend. #00:19:49#

Notwendigkeit auf **rekonstruierender Ebene** genau die Formulierung in Blick zu nehmen

Prozesscharakter der (Physik-) Identität

Abgleich mit Peers: Identifizierung von Unterschieden

Abgleich mit Prototypenphysiker

Stattfinden von Identitätsarbeit

Abgleich mit Physiker, der nicht dem „Prototyp“ entspricht: Identifizierung von Ähnlichkeiten

Abb. 2: Ausschnitt aus Transkript zum 1. Erhebungszeitpunkt

Um zu rekonstruieren, wie die Probandinnen ihre Identität konstruieren und entwickeln, muss noch entschieden werden, ob dies narrationsanalytisch und/oder mit der Dokumentarischen Methode (Nohl, 2012) geschehen soll, um das Mitgemeinte im Gesagten erschließen zu können (Lucius-Hoene, 2000). Mit dem Beispiel in Abb. 2 deutet sich bereits an, dass eine Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) dafür nicht ausreicht. In jedem Fall ist mit der Auswahl und der Nutzung der Auswertungsmethode zu beachten, dass dem Prozess der Bildungswegentscheidung nicht vorschnell eine Linearität unterstellt wird (Carlone, Scott, & Lowder, 2014). Neben einer geeigneten Auswertungsmethodik ist zu erarbeiten, inwiefern ein longitudinaler Vergleich im Einzelfall mit einem typenbildenden Verfahren (Kelle & Kluge, 2010) kombiniert verknüpft werden kann und soll, sodass bspw. auch mögliche Wirkungen von übergreifenden kulturellen Normen erkennbar werden. In weiteren Schritten gilt es, die Ergebnisse aus der Fragebogenstudie und Gruppendiskussion reflektiert und sinnvoll mit den Interviewergebnissen zu verzahnen.

### Literatur

- Carlone, H. B., Scott, C. M., & Lowder, C. (2014). Becoming (less) scientific: A longitudinal study of students' identity work from elementary to middle school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 836–869. <https://doi.org/10.1002/tea.21150>
- Holmegaard, H. T., Ulriksen, L. M., & Madsen, L. M. (2012). The Process of Choosing What to Study: A Longitudinal Study of Upper Secondary Students' Identity Work When Choosing Higher Education. *Scandinavian Journal of Educational Research*, (October 2013), 1–20.
- Kelle, U., & Kluge, S. (2010). Vom Einzelfall zum Typus (12. überar). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. [hVps://doi.org/10.1007/978-3-531-92366-6](https://doi.org/10.1007/978-3-531-92366-6)
- Lee, Y.-L. (2012). Identity-Based Research in Science Education. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 35–45). Springer International Handbook of Science Education. [hVp://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7)
- Lucius-Hoene, G. (2000). Konstruktion und Rekonstruktion narrativer Identität. *Forum Qualitative Sozialforschung*.
- Lucius-Hoene, G., & Deppermann, A. (2002). Rekonstruktion narrativer Identität. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-663-11291-4>
- Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken (12. überar). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Morf, C. C., & Koole, S. L. (2014). Das Selbst. In K. Jonas, W. Stroebe, & M. Hewstone (Eds.), *Sozialpsychologie* (pp. 141–195). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Nohl, A.-M. (2012). Interview und dokumentarische Methode. In *Qualitative Sozialforschung* (4. überar, p. 123). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19421-9>
- Rabe, T., & Krey, O. (2018). Identitätskonstruktionen von Kindern und Jugendlichen in Bezug auf Physik - Das Identitätskonstrukt als Analyseperspektive für die Physikdidaktik? *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, submitted. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0083-x>
- Shanahan, M.-C. (2009). Identity in science learning: exploring the attention given to agency and structure in studies of identity. *Studies in Science Education*, 45, 43–64. <https://doi.org/10.1080/03057260802681847>.



### Gender-/Diversitysensible Berufsorientierung mit DiSenSu

Innerhalb des letzten Jahrzehnts blieb der Frauenanteil in den MINT-Studiengängen bei rund dreißig Prozentpunkten stabil (BMAS 2017, S. 70) und dies obwohl mehr Schülerinnen als Schüler ihre Schulzeit mit dem Abitur abschlossen und sich die Entwicklung des Anteils an Studienanfänger\*innen positiv darstellte. Während laut dem MINT-Nachwuchsbarometer das Studium der Physik, Informatik, Elektrotechnik und Maschinenbau, mit traditionell geringem Frauenanteil, für Schülerinnen zunehmend an Attraktivität gewann, erschien die Chemie als „(...) das einzige MINT-Fach mit einem zuletzt rückläufigen Frauenanteil“ (Acatech/Körper-Stiftung 2017, S. 20). Für Frauen mit einem Migrationshintergrund scheint die Segregation der Berufswelt nach Geschlecht noch drastischer ausgeprägt zu sein. Denn im Unterschied zur inländischen Vergleichsgruppe ist ihr Berufswahlspektrum bezogen auf Ausbildungsberufe enger, mit einem Schwerpunkt auf den Berufen (Zahn-)Arzthelferin, Einzelhandelskauffrau und Friseurin, und ihre Partizipation an Studiengängen, die in den hochvergüteten Berufen münden, geringer (vgl. Färber, Arslan, Köhnen & Parlar 2008, S. 52). An dieser Differenz setzt das Verbundprojekt *DiversitySensiblerSupport: MINT-Berufs-orientierung für weibliche Adolescenten mit Migrationshintergrund in Tochter-Elternteil-Dyaden* (DiSenSu) der TU Darmstadt und der PH Ludwigsburg an. Das Ziel des Projekts ist die Umsetzung von gender-/diversitysensiblen berufsorientierenden Events, im außer-/schulischen Bereich mit adäquaten Tools für Schülerinnen und deren formative Evaluation. Der Fokus liegt auf Chemie-Berufen und, im Gegensatz zu anderen berufsorientierenden Ansätzen, nicht auf Interessen, sondern auf berufstypischen Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie den damit korrespondierenden Selbstkonzepten der jungen Frauen. Dieser Beitrag referiert zunächst Befunde zur MINT-Berufsorientierung und informiert im Anschluss daran über die Leitfragen von DiSenSu sowie über eine Auswahl an Tools und Ergebnisse aus einer DiSenSu-Vorstudie.

#### Ausgewählte Befunde zum Zusammenhang von Gender und MINT-Berufsorientierung

Von der Gender-Perspektive aus betrachtet, erscheinen die Ergebnisse etlicher Befragungen zu MINT und Interessen an MINT-Berufen alarmierend. Erneut haben Jungen in der PISA-Studie eine signifikant höhere naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartung als Mädchen bekundet und nur 18% der Mädchen, konnten sich, im Vergleich zu 27% der Jungen, vorstellen, mit 30 Jahren einen naturwissenschaftsbezogenen Beruf auszuüben (Schiepe-Tiska, Simm & Schmidner 2016, S. 113ff.). Befunde aus der quantitativen Studie zu Einflussfaktoren auf chemiebezogene Berufswahlen von Spitzer (2017) zeigen, dass sich unter den Jugendlichen, die sich in ihrer Berufswahl bereits sicher sind, nur sehr wenige finden, die sich für einen Chemie-Beruf (0,32%) oder einen Chemie-Studiengang (0,39%) begeistern können (ebd., S. 93). Das Gros der Schüler\*innen gab an, über Chemie-Berufe nur unzureichend informiert zu sein und während der Schulzeit kaum bis keine Chemie-Berufe kennengelernt zu haben (ebd., S. 125). Entsprechende Interventionen wurden von der Fachdidaktik Chemie (wiederholt) unterbreitet; unter der Maßgabe, die Auseinandersetzung der Schüler\*innen mit Chemie-Berufen habe möglichst authentisch zu erfolgen (vgl. Haase 2017; Spitzer 2017; Albertus 2015; Dierks, Höffler & Parchmann 2014; Haucke 2014). Das Projekt DiSenSu wird mit seiner Fokussierung auf chemiebezogene Fertigkeiten und Fähigkeiten der zuvor angeführten Maßgabe gerecht. Mit DiSenSu wird der Segregation von Karrierechancen auf der Grundlage der Dimensionen Geschlecht und Herkunft konstruktiv begegnet. Die Begleitforschung zu den Events (Coachings) orientiert sich an den folgenden Leitfragen: Welche Potenziale und Grenzen ergeben sich für die gender-/diversitysensibel

gestalteten Tools hinsichtlich der Qualität der Maßnahmen? In welchem Verhältnis stehen die fachbezogenen Selbstkonzepte und Selbstwirksamkeitserwartungen zu den offerierten Aufgaben? Welche Kontextfaktoren begünstigen die Effektivität der Berufsorientierung im Rahmen der Events für Schülerinnen mit Migrationshintergrund? Wie lassen sich weitere Rekonstruktionen von Differenzen vermeiden (vgl. Precht 2018)? Inwiefern unterstützen Tochter-Eltern(teil)-Gespräche die Events (vgl. Markic, Schneider & Wessels 2016)?

### DiSenSu – individuelle Coachings mit gender-/diversitysensibel gestalteten Tools

Das Projekt bietet den Schülerinnen verschiedene Aufgaben, die ihnen dabei helfen sollen, zu erkunden, ob ein Beruf in den Naturwissenschaften zu ihnen passt. Im Gespräch mit einer Expertin werden sich die Schülerinnen ihrer Potenziale bewusst und erhalten Überblicke zu Chemie-Berufen. Erfahrene Fachkolleg\*innen unterstützen mit ihrer ersten bzw. zweiten Muttersprache (Arabisch, Kroatisch, Türkisch, Vietnamesisch) das Projekt. Ein Coaching dauert circa eine Zeitstunde. Es kann an einer Schule, in einem Schülerlabor, in einem Kultur- bzw. Jugendverein oder parallel zu einer öffentlichen Veranstaltung stattfinden. Im Rahmen der Begleitforschung werden etablierte Fragebögen und eigens entwickelte Tests eingesetzt. Beispielsweise wird die allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung mit der Kurzsкала ASKU (vgl. Beierlein, Kovaleva, Kemper & Rammstedt 2012) erfasst und das Fähigkeitsselbstkonzept, in Anlehnung an Kessels (2002), auf chemiebezogene Aufgaben (s.u.) appliziert. Nachfolgend werden drei ausgewählte Tools vorgestellt:

*Tool „Purpose-Präferenzrangliste“.* Um den Teilnehmerinnen bewusst machen zu können, welche Aspekte ihnen an einem Beruf im Besonderen und bezogen auf ihre Lebensplanung im Allgemeinen wichtig sind, ordnen sie vorgegebene Begriffe in eine Präferenzrangliste mit zehn Rangplätzen ein. Daraufhin wird die Relevanz eines Rangplatzes der Liste komparativ mit den anderen Rangplätzen verglichen. Daraus resultiert eine berichtigte Rangliste, die die erste, meist rein intuitive Einschätzung präzisieren hilft.

*Tool „haptische Fähigkeiten“.* Es werden Anforderungen an eine typische Labortätigkeit – Abmessen/Abwiegen von Chemikalien – spielerisch simuliert. Mit einer Makropipettierhilfe sollen die Schülerinnen eingefärbtes Wasser aufnehmen und dieses in eine Schale, die auf einer Waage positioniert ist, pipettieren. Ziel ist es, exakt ein Gramm Wasser vorzulegen. Die Schülerinnen schätzen ihre Fertigkeit vor der Aufgabe selbst ein und überprüfen im Anschluss an ihren dreimaligen Versuch, ob ihre Einschätzung adäquat war.

*Tool „räumliche Fähigkeiten“.* Verschiedene Dimensionen des räumlichen Denkens werden als wichtige Indikatoren in Intelligenztest (WISC-V, Wechsler 2017) gesehen. Sie werden von Arbeitsagenturen als Bausteine der Berufsorientierung verwendet. Mentale Rotationen von zwei- oder dreidimensionalen Objekten erscheinen für das Lernen von Chemie von besonderer Bedeutung zu sein (vgl. Precht 2016). In Anlehnung an die Schlauchfiguren-Aufgaben, die in psychologischen Tests verwendet werden, wurden entsprechende Typen von Aufgaben mit Molekülen entwickelt. Abbildung 1 zeigt zwei Aufgaben mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad. Auch in diesem Fall werden die Schülerinnen vor und nach der Aufgabe dazu aufgefordert, Angaben zu ihrer Selbstwirksamkeitserwartung zu geben. Für die räumlichen Fähigkeiten werden Unterschiede in der Aufgabenschwierigkeit und Korrelationen zwischen getesteter Fähigkeit, Selbstwirksamkeitserwartung und Attribution sowie die Reliabilität der verwendeten Skalen berechnet.



Abb. 1: Zwei DiSenSu-Aufgaben zur mentalen Rotation von Molekülstrukturen

### Ausgewählte Befunde aus der DiSenSu-Vorstudie zur Aufgabenschwierigkeit

Alle Aufgaben werden während des Coachings in aufsteigender Schwierigkeit präsentiert. Um die Schwierigkeitsgrade ermitteln zu können, wurde eine Vorstudie durchgeführt. Deren Befunde können an dieser Stelle nicht komplett wiedergegeben werden. Daher wurden zwei Befunde aus der noch ausstehenden Dissemination zu DiSenSu ausgewählt: Im Rahmen der Vorstudie, an der 30 Schüler\*innen im Alter von 13 bis 16 Jahren ( $M = 13.63$  Jahre,  $SD = 0.84$  Jahre; 17 Mädchen und 13 Jungen) und 29 Student\*innen im Alter von 19 bis 32 Jahren ( $M = 24.31$  Jahre,  $SD = 3.00$  Jahre; 13 Frauen und 16 Männer) teilgenommen haben, wurde jeweils nach einer Aufgabe deren Schwierigkeit von den teilnehmenden Personen in fünf Stufen bewertet. Es wurden die Stichproben der Schüler\*innen und der Student\*innen mit dem Mann-Whitney-U-Test miteinander verglichen, die Aufgaben untereinander mit dem Wilcoxon-Test auf signifikante Unterschiede geprüft und es wurde ermittelt, ob der Schwierigkeitsgrad einer Aufgabe unterschiedlich bewertet wurde, wenn diese zuvor falsch bzw. korrekt beantwortet wurde. Wie Abbildung 2 zeigt, sind sich die Einschätzungen zur Aufgabenschwierigkeit durch die Schüler\*innen und Student\*innen sehr ähnlich. Allein bei Aufgabe 3 ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Stichproben. Im Vergleich zu den Student\*innen (MW = 3.07,  $SD = 1.25$ ;  $U = 271.00$ ,  $p = .01$ ) schätzten die Schüler\*innen die Aufgabenschwierigkeit geringer ein (MW = 2.23,  $SD = 1.01$ ). Bei der Berechnung der Unterschiede zwischen richtigem und falschem Antwortverhalten der Teilnehmer\*innen wurden signifikante Unterschiede für die Aufgaben 1, 2, 4 und 7 verzeichnet. Mithilfe der Testung ließen sich die Aufgaben in die Kategorien leicht, mittel und schwer einordnen. Die Aufgabenbatterie wurde auf diese Weise und durch Ausschluss optimiert.

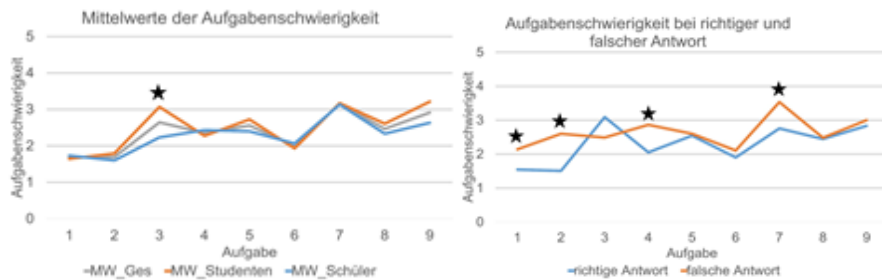


Abb. 2: Zwei ausgewählte Befunde zur Aufgabenschwierigkeit aus der DiSenSu-Vorstudie

### Ausblick

Mithilfe der Befunde aus DiSenSu sollen die theoretischen (vgl. Cheryan, Ziegler, Montoya & Jiang 2017) und handlungspraktischen Ansätze (vgl. Faulstich-Wieland & Scholand 2017), bezogen auf den Konnex Gender/Berufsorientierung, weiter ausdifferenziert werden.

### Förderung

Das Vorhaben „DiversitySensiblerSupport: MINT-Berufsorientierung für weibliche Adolescenten mit Migrationshintergrund in Tochter-Elternteil-Dyaden (DiSenSu)“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter den Förderkennzeichen 01FP1725 und 01FP1726 gefördert.

## Literatur

- Acatech/Körber-Stiftung (2017). MINT-Nachwuchsbarometer 2017. Fokusthema: Bildung in der digitalen Transformation. Hamburg
- Albertus, M. (2015). Berufliche Orientierung als Bestandteil zeitgemäßen Chemieunterrichts. Eine Interventionsstudie zur Implementierung ausgewählter berufsorientierender Elemente in chemiebezogene Lernumgebungen der Sekundarstufe I. Diss., Univ. Berlin
- Beierlein, C., Kovaleva, A., Kemper, C. J. & Rammstedt, B. (2012). Ein Messinstrument zur Erfassung subjektiver Kompetenzerwartungen. GESIS-Working Papers. Mannheim: GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften
- BMAS (Bundesministerium für Arbeit und Soziales) (2017). Fortschrittsbericht 2017 zum Fachkräftekonzept der Bundesregierung. Berlin
- Cheryan, S., Ziegler, S. A., Montoya, A. K. & Jiang, L. (2017). „Why are some STEM fields more gender balanced than others?“ Psychological Bulletin 143(1), S. 1-35
- Dierks, P. O., Höffler, T. & Parchmann, I. (2014). Interesse von Jugendlichen an Naturwissenschaften. Ist es wirklich so schlecht wie sein Ruf? Chemie Konkret 21(3), S. 111-116
- Färber, C., Arslan, N., Köhnen, M. & Parlar, R. (2008). Migration, Geschlecht und Arbeit. Probleme und Potenziale von Migrantinnen auf dem Arbeitsmarkt. Opladen: Budrich
- Faulstich-Wieland, H. & Scholand, B. (2017). Gendersensible Berufsorientierung – Informationen und Anregungen. Eine Handreichung für Lehrkräfte, Weiterbildner/innen und Berufsberater/innen. Working Paper Nr. 034 der Hans-Böckler-Stiftung. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung
- Haase, L. (2017). Kenntnis, Einstellungen und Bewertungen von Jugendlichen bezüglich chemischer Berufe. Ergebnisse einer Fragebogenstudie in der Sekundarstufe I an allgemein bildenden Schulen. Diss., Univ. Oldenburg
- Haucke, K. (2014). Berufsorientierung im Chemieunterricht: Erhebung von Schülervorstellungen zu ausgewählten Berufen und Entwicklung von Konzepten zur Integration von Berufsorientierung in Unterricht und Lehrerbildung. Diss., Univ. Oldenburg
- Kessels, U. (2002). Undoing Gender in der Schule. Eine empirische Studie über Koedukation und Geschlechtsidentität im Physikunterricht. Weinheim: Juventa
- Markic, S., Schneider, K. & Wessels, A. (2016). Parents and students cooperatively experience chemistry. In I. Eilks, S. Markic & B. Ralle (Hrsg.), Science Education Research and Practical Work (S. 279-284). Aachen: Shaker
- Prechtel, M. (2016). Moleküle mental konstruieren. Förderung räumlicher Fähigkeiten im Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie 27(151), S. 24-34
- Prechtel, M. (2018). Über die Herausforderung einer individualisierten und gendersensiblen Berufsorientierung für Schülerinnen in Chemie. In K. Groß & A. Schumacher (Hrsg.), Einblicke in die chemiedidaktische Forschung zu den Schwerpunkten individuelle Förderung und naturwissenschaftliches Arbeiten (S. 87-110). Köln: Elektronische Schriftenreihe der Universitäts- und Stadtbibliothek Köln, <http://kups.ub.uni-koeln.de/8268/>
- Schiepe-Tiska, A., Simm, I. & Schmidtner, S. (2016). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In K. Reiss et al. (Hrsg.), PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation (S. 99-132). Münster: Waxmann
- Spitzer, P. (2017). Untersuchungen zur Berufsorientierung als Baustein eines relevanten Chemieunterrichts im Vergleich zwischen Mittel- und Oberstufe sowie Darstellung des Chem-Trucking-Projekts als daraus abgeleitete Interventionsmaßnahme für den Chemieunterricht. Diss., Univ. Siegen
- Wechsler, D. (2017). WISC-V. Wechsler Intelligence Scale for Children. Pearson
- Weßnigk, S. (2013). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten. Diss., Christian-Albrechts-Univ. Kiel

Marina Hönig<sup>1</sup>  
 Lilith Rüschenpöhler<sup>1</sup>  
 Julian Küsel<sup>1</sup>  
 Silvija Markic<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

## Berufswahl MINT: Gründe von Studierenden und SchülerInnen

### Einleitung

Trotz vielfältiger Bemühungen sind noch immer Männer in MINT überrepräsentiert. So machen junge männliche Hochschulabsolventen in MINT 64 % aus, mit deutlichen Schwerpunkten in Physik, IT und Ingenieurwesen (Eurostat, 2016). Insbesondere Frauen mit Migrationshintergrund begegnen häufig doppelten Benachteiligungen auf dem Arbeitsmarkt (z. B. Färber, Arslan, Köhnen, & Parlar, 2008). Ziel des Projekts DiSenSu (Markic et al., 2018) ist deshalb, junge Frauen mit Migrationshintergrund in ihrer Berufsorientierung für MINT-Berufe zu fördern. DiSenSu ist ein Verbundforschungsprojekt der Technischen Universität Darmstadt (AG Prechtel, Projektleitung) und der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg (AG Markic). In der ersten Phase wurden zwei Studien durchgeführt, die „One Step Back“-Studien, die in diesem Beitrag vorgestellt werden. Ziel war es, die Bedarfe von Schülerinnen mit Migrationshintergrund bei der MINT-Berufsorientierung zu identifizieren. In den „One Step Back“-Studien wird untersucht, (i) welche Berufsorientierungsmaßnahmen für die Zielgruppe geeignet sind, (ii) wie stark die Berufswünsche in MINT sind und (iii) welche Informationsquellen hierfür genutzt bzw. gewünscht werden. Auf Basis dieser Erkenntnisse wird eine Intervention zur Berufsorientierung in MINT durchgeführt („Two Steps Forward“).

### Methode

*Studie I: Schülerinnen und Schüler.* Für die erste Studie wurde eine Stichprobe von  $N = 420$  Schülerinnen und Schüler aus 15 Klassen von sieben allgemeinbildenden Schulen gezogen. Im Mittel waren die Schülerinnen und Schüler 15 Jahre alt und knapp die Hälfte weiblich. 50 % wiesen einen Migrationshintergrund auf, davon bildeten die Jugendlichen mit türkischem Migrationshintergrund mit 13 % die größte Gruppe. 21 % der Stichprobe entfielen auf die Zielgruppe der Mädchen mit Migrationshintergrund. Für die Studie wurde ein papierbasierter Fragebogen entwickelt. Der Migrationshintergrund wurde nach der Definition des Zensus (Statistisches Bundesamt, 2017) abgefragt. Weiterhin wurde die Stärke der naturwissenschaftlichen Berufswünsche mit einer Übersetzung der Science-Aspirations-Skala des ASPIRES-Projekts erfasst (vier Items, DeWitt et al., 2011). Der Bedarf nach Informationen über naturwissenschaftliche Berufe wurde mit vier Items ermittelt (Driesel-Lange & Hany, 2005; Spitzer, 2017), die zu diesem Zweck leicht modifiziert wurden. Abschließend wurden die Schülerinnen und Schüler nach den Informationsquellen gefragt, die sie für die Berufsorientierung in MINT bereits genutzt haben und in Zukunft gern nutzen würden. Hierfür wurde eine bereits vorhandene Skala (Driesel-Lange & Hany, 2005) für den MINT-Kontext adaptiert. Vor der Analyse wurde die Reliabilität der Skalen mittels Cronbachs  $\alpha$  geprüft. Unterschiede zwischen den Gruppen in den Aspirationen und im Informationsbedarf wurden mittels ANOVAS untersucht, die präferierten Informationsquellen in deskriptiven Statistiken.

*Studie II: Studierende.* Für die zweite Studie wurde eine Stichprobe von  $N = 342$  Studierenden erhoben, von denen 86 % weiblich waren. Im Mittel waren die Studierenden 23 Jahre und 16 % hatten einen Migrationshintergrund. 58 % studierten mindestens ein Fach im MINT-Bereich. In dieser Studie wurde ein Online-Fragebogen eingesetzt, in dem der Migrationshintergrund sowie die genutzten und erwünschten Informationsquellen zur Berufsorientierung

analog zu Studie I erhoben wurden. Zusätzlich wurden verschiedene Aspekte der Studienwahlmotivation ermittelt, und zwar die Neigung zum gewählten Fach, die selbst wahrgenommene Begabung, wahrgenommene finanzielle Sicherheit, das wahrgenommene Prestige und die gesellschaftliche Relevanz sowie fachunspezifische Gründe (eigene Überlegungen in Anlehnung an Ellenberger & Ludwig-Mayerhofer, 2005; Hachmeister, Harde, & Langer, 2007). Der letzte Teil umfasst den Einfluss relevanter Personen wie Eltern, Freunde und Lehrkräfte (Hachmeister, Harde, & Langer, 2007, leicht modifiziert) sowie den Einfluss verschiedener Medientypen, wie Serien, Bücher und Computerspiele (Mauk, 2016, leicht modifiziert). Vor der Analyse der Daten wurde die Reliabilität der Skalen über Cronbachs  $\alpha$  überprüft. Anschließend wurden t-Tests durchgeführt, um Unterschiede zwischen den Studierenden der MINT- und Nicht-MINT-Fächer zu untersuchen. Die präferierten Informationsquellen wurden deskriptiv betrachtet.

## Ergebnisse

### Studie I: Schülerinnen und Schüler

Mit Werten für Cronbachs  $\alpha$  von .87 für die Aspirationen in MINT und .73 für das Informationsbedürfnis waren die Skalen hinreichend reliabel. Die ANOVA ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede in den Aspirationen für MINT-Berufe zwischen Mädchen und Jungen mit und ohne Migrationshintergrund (Haupteffekt Geschlecht:  $F(1, 390) = 0.006, p = .939$ , Haupteffekt Migrationshintergrund:  $F(1, 390) = 0.109, p = .741$ , Interaktionseffekt:  $F(1, 390) = 1.434, p = .232$ ). Auch die Unterschiede im Informationsbedürfnis über MINT-Berufe waren statistisch nicht signifikant (Haupteffekt Geschlecht:  $F(1, 384) = 2.741, p = .099$ , Haupteffekt Migrationshintergrund:  $F(1, 384) = 0.082, p = .775$ , Interaktionseffekt:  $F(1, 384) = 1.272, p = .260$ ). Unterschiede zwischen den Mädchen mit Migrationshintergrund und der Gesamtstichprobe zeigten sich jedoch deutlich in den Angaben zu den präferierten Informationsquellen (Abb. 1). So wünschten sich die Schülerinnen mit Migrationshintergrund häufiger als die Gesamtgruppe praktische Erfahrungen in Praktika oder Schnupperstudiengängen. Ebenso scheinen weibliche Familienmitglieder, sowie in besonderem Maße die Lehrkräfte, bei der Berufsorientierung eine größere Rolle zu spielen. Hier besteht Beratungsbedarf. Auch wünschten sich diese Mädchen stärker als die Gesamtgruppe Broschüren und Bücher zu MINT-Berufen.

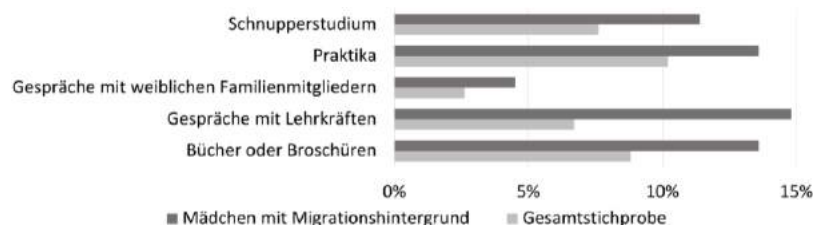


Abbildung 1: Auswahl einiger Quellen, die die Mädchen mit Migrationshintergrund gern stärker zur Berufsorientierung nutzen würden. Vergleich mit der Gesamtstichprobe.

### Studie II: Studierende

Die Skalen waren hinreichend reliabel, mit Werten von Cronbachs  $\alpha$  für die Neigung von .80, Begabung .70, finanzielle Sicherheit .87 und Prestige .79. Im Vergleich zwischen MINT- und Nicht-MINT-Studierenden zeigten sich in den t-Tests in einigen Bereichen statistisch signifikante Unterschiede: Die persönliche Neigung ( $p < .01$ ), das wahrgenommene Prestige ( $p < .01$ ) sowie die gesellschaftliche Relevanz ( $p < .001$ ) hatten ein stärkeres Gewicht für die Nicht-MINT-Studierenden. Gleiches gilt für die fachunspezifischen Gründe ( $p < .001$ ) sowie den Einfluss weiblicher Personen ( $p < .001$ ). Jedoch zeigte sich in der Betrachtung der deskriptiven Statistiken, dass die Werte der Nicht-MINT-Studierenden in sämtlichen Bereichen

der Motivation höher lagen, sodass die substanzielle Bedeutung dieser Befunde zu diskutieren bleibt. Hier sind zwei Erklärungen denkbar: (a) Die Unterschiede sind substanziell. Die Nicht-MINT-Studierenden zeigten also eine höhere Motivation für ihr Studium. (b) Die Unterschiede sind auf verschiedenes Antwortverhalten zurückzuführen und die Nicht-MINT-Studierenden neigen stärker zu affirmativem Antwortverhalten. Beide Möglichkeiten zeigen jedoch, dass die Gruppen keine qualitativ unterschiedlichen Motivationsmuster aufweisen, sondern lediglich in der generellen Stärke der Motivation differieren.

In der Betrachtung der deskriptiven Statistiken der präferierten Informationsquellen (Abb. 2) der MINT-Studierenden zeigten sich drei zentrale Ergebnisse: (i) Eine stärkere Information über Broschüren wäre wünschenswert gewesen. Die MINT-Studierenden scheinen Broschüren weniger konventionellen Medien vorziehen. (ii) Die MINT-Studierenden hätten sich mehr direkte Gespräche zur Berufsberatung mit Professionellen gewünscht, zum Beispiel mit Lehrkräften oder Berufsberaterinnen und Berufsberatern. (iii) Praktische Erfahrungen durch Praktika und Schnupperstudiengänge sowie Kontakte zu Firmen auf Berufsmessen scheinen für diese Gruppe eine besondere Rolle zu spielen.

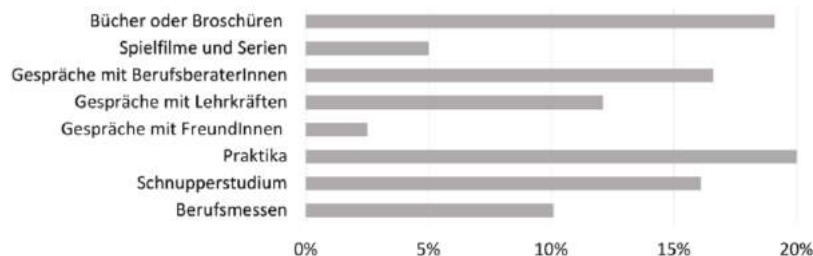


Abbildung 2: Auswahl einiger Quellen, die die Studierenden der MINT-Fächer gern stärker zur Berufsorientierung genutzt hätten.

### Diskussion und Schlussfolgerungen

Die „One Step Back“-Studien liefern wichtige Erkenntnisse für die Interventionen im Projekt DiSenSu. So zeigte sich, dass die Schülerinnen und Schüler zunächst ein ähnlich starkes Interesse an MINT-Berufen und ähnliches Informationsbedürfnis haben. Jedoch zeigen die Mädchen mit Migrationshintergrund ein spezifisches Muster in ihren Bedürfnissen: Stärker als die Gesamtgruppe wünschen sie sich (i) eine Information durch klassische Medien wie Broschüren, (ii) eine direkte Berufsberatung durch Vertrauenspersonen sowie (iii) praktische Erfahrungen. Die Tendenz, dass diese drei Aspekte in der Berufsorientierung stärker vertreten sein sollten, zeigte sich in beiden Studien. Dass die Mädchen mit Migrationshintergrund ein besonders ausgeprägtes Bedürfnis haben, könnte möglicherweise durch ein geringeres Science Capital (Archer, Dawson, DeWitt, Seakins, & Wong, 2015) bedingt sein.

An dieser Stelle setzt DiSenSu an. Die Intervention basiert auf einem Coaching durch junge Studentinnen der naturwissenschaftlichen Fächer, die zumeist ebenfalls einen Migrationshintergrund aufweisen. Sie reflektieren mit den Mädchen ihre Erfahrungen in praktischen Übungen und fungieren als potentielle Role Models. Die Option MINT soll in Eltern-Tochter-Beziehungen integriert werden und die Intervention zum gemeinsamen Nachdenken anregen.

### Danksagung

Das Vorhaben „DiversitySensiblerSupport: MINT-Berufsorientierung für weibliche Adolescenten mit Migrationshintergrund in Tochter-Elternteil-Dyaden (DISENSU)“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter den Förderkennzeichen 01FP1725 und 01FP1726 gefördert.

## Literatur

- Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Seakins, A., & Wong, B. (2015). "Science capital": A conceptual, methodological, and empirical argument for extending bourdieusian notions of capital beyond the arts. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(7), 922–948. <https://doi.org/10.1002/tea.21227>
- DeWitt, J., Archer, L., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2011). High aspirations but low progression: The science aspirations-careers paradox amongst minority ethnic students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(2), 243–271. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9245-0>
- Diesel-Lange, K., & Hany, E. (2005). Berufsorientierung am Ende des Gymnasiums: Die Qual der Wahl. In B. Kracke & E. Hany (Eds.), *Schriften zur Berufsorientierung*. Erfurt: Universität Erfurt.
- Ellenberger, L., & Ludwig-Mayerhofer, W. (2005). *Studieren in Siegen 2005 Ergebnisse der Befragung der Studienanfängerkohorte im BA Social Science des Wintersemesters 2004/2005*. Siegen: Universität Siegen. Retrieved from <http://www.fb1.uni-siegen.de/soziolog/personen/ludwigmayerhofer/studbefragung.html>
- Eurostat. (2016). Graduates by education level, programme orientation, sex and field of education (educ\_uoe\_grad02). Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- Färber, C., Arslan, N., Köhnen, M., & Parlar, R. (2008). *Migration, Geschlecht und Arbeit: Probleme und Potenziale von Migrantinnen auf dem Arbeitsmarkt*. Opladen: Budrich.
- Hachmeister, C.-D., Harde, M. E., & Langer, M. F. (2007). *Einflussfaktoren der Studienentscheidung: Eine empirische Studie von CHE und Einstieg*. Gütersloh: CHE.
- Markic, S., Precht, M., Hönig, M., Küsel, J., Rüschenpöhler, L., & Stubbe, U. (2018). DiSenSu: Diversity-sensible MINT-Berufsorientierung für Schülerinnen. Retrieved September 6, 2018, from [www.disensu.de](http://www.disensu.de)
- Mauk, V. (2016). *Einflussfaktoren der Studienwahl und des Studienverbleibs in MINT-Studienrichtungen an österreichischen Universitäten*. Universität Bremen, Bremen.
- Spitzer, P. (2017). *Untersuchungen zur Berufsorientierung als Baustein eines relevanten Chemieunterrichts im Vergleich zwischen Mittel- und Oberstufe sowie Darstellung des Chem-Trucking-Projekts als daraus abgeleitete Interventionsmaßnahme für den Chemieunterricht*. Universität Siegen, Siegen.
- Statistisches Bundesamt. (2017). *Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Bevölkerung mit Migrationshintergrund. Ergebnisse des Mikrozensus 2016*. Statistisches Bundesamt.



## Fragebogenentwicklung zu den Mindsets von Lernenden in Physik

### Hintergrund

Mindset ist ein psychologisches Modell, das auf Carol Dweck zurückgeht. Es bildet die individuellen Vorstellungen bezüglich der Entwicklungsmöglichkeiten eigener Basisqualitäten wie Intelligenz, Talent und Persönlichkeit ab. Dweck (2006) unterscheidet zwischen Personen mit einem **Growth-Mindset** und einem **Fixed-Mindset**, die anhand ihrer Reaktion in fünf Kategorien (auf Herausforderungen, Anstrengungen, Rückschläge, Beanstandungen und auf Konkurrenz) charakterisiert werden können. Personen mit einem **Fixed-Mindset** halten ihre eigenen Qualitäten für angeboren und festgelegt. Sie reagieren negativ auf Rückschläge, Beanstandungen und Konkurrenz. Sie meiden herausfordernde Aufgabenstellungen und sind weniger bereit, sich anzustrengen. Personen mit einem **Growth-Mindset** sehen diese eigenen Qualitäten dagegen als erlernbar und veränderlich an. Sie reagieren positiver bei Rückschlägen, Beanstandungen und Konkurrenz, schätzen Herausforderungen und sind eher bereit, zu deren Bewältigung entsprechende Anstrengung auf sich zu nehmen. Aus diesen Charakterisierungen wird deutlich, dass das Mindset auch einen großen Einfluss auf das Lernverhalten hat. Zudem konnten Yeager und Walton (2011) inzwischen zeigen, dass sich durch gezielte sozial-psychologischen Interventionen das Mindset und damit auch das Lernverhalten positiv beeinflussen lässt (Good, Aronson & Inzlicht, 2003; Dar-Nimrod & Heine, 2006; Aronson, Fried & Good, 2002; Blackwell, Trzesniewski & Dweck, 2007). Weitere Studien zeigen auch, dass bei SchülerInnen mit **Growth-Mindset** die negativen Effekte durch stereotype Rollenzuschreibungen auf die zukünftige Kurswahl weniger stark messbar sind (Dweck, 2006).

### Zielsetzung

Vor dem Hintergrund dieser Befunde zum Mindset in Bezug auf allgemeine Intelligenz, Talent und Persönlichkeit konnten in einer explorativen Interviewstudie (N=12) bereits Anhaltspunkte dafür gefunden werden, dass sich diese Typisierung nach dem Mindset auch auf die fachspezifischen Vorstellungen zum Lernen von Physik anwenden lässt (Goldhorn, 2017). Außerdem trat ein Aspekt des Mindsets von Lernenden auf, welcher in der Literatur bisher nicht explizit diskutiert wird: So äußerten sich fast alle befragten SchülerInnen dahingehend, dass man Physik nicht nur lernen, sondern auch verstehen müsse (Goldhorn, 2017). Um nun eine entsprechende Erhebung zu den Mindsets von Lernenden im Fach Physik in einer größeren Stichprobe realisieren zu können, ist die Entwicklung eines geeigneten Fragebogens notwendig. Bei einem ersten solchen Entwurf (Spatz & Hopf, 2017), der sich an den Reaktionen in den fünf genannten Kategorien (auf Herausforderungen, Anstrengungen, Rückschläge, Beanstandungen und Konkurrenz) orientierte, konnten zwei fünfstufige Ratingskalen gebildet werden: „Allgemeine Überzeugungen“ bezüglich der Erlernbarkeit von Physik (I) sowie „Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengung“ (II). Zwei weitere, ebenfalls fünfstufige Ratingskalen zur „Reaktion auf Rückschläge und Beanstandungen“ (III) sowie zur „Reaktion auf Konkurrenz“ (IV) konnten hingegen nicht hinreichend belegt werden. Ausgehend von diesen Ergebnissen ist es das Ziel der hier präsentierten Studie, den Fragebogen weiterzuentwickeln, und dabei insbesondere die Skalen III sowie IV zu überarbeiten. Außerdem soll eine weitere Skala zum „Verstehen von Physik“ (V) gebildet werden.

### **Methode**

Zu diesem Zweck wurden zunächst Gruppendiskussionen mit SchülerInnen geführt. Um Anhaltspunkte zur Typisierung der teilnehmenden SchülerInnen im Hinblick auf ihr Mindset im Fach Physik zu erhalten, wurden die beiden bestehenden Skalen I und II verwendet. Zu Beginn der Diskussion sollten die SchülerInnen zu kurzen Dilemma-Geschichten bezüglich der Skalen III und IV Stellung nehmen. Anschließend folgte ein freier Austausch zwischen den SchülerInnen zu den aufgeworfenen Gedanken, der nur bei Bedarf durch den Diskussionsleiter im Hinblick auf das Thema fokussiert oder ausgeweitet wurde. Die Diskussionen wurden mitgeschnitten und transkribiert. So konnten anschließend Aussagen der SchülerInnen zur „Reaktion auf Rückschläge und Beanstandungen“ (III), zur „Reaktion auf Konkurrenz“ (IV) und zum „Verstehen von Physik“ (V) extrahiert werden, die gemeinsam mit Zitaten aus der Interviewstudie von Goldhorn (2017) zur Formulierung neuer Items für die Skalen III, IV und V dienen.

Auf diese Weise wurde aus den bestehenden Skalen I und II mit den überarbeiteten Skalen III, IV und V ein Fragebogen erstellt und erprobt. Die einzelnen Items wurden hierbei bezüglich Trennschärfe und Itemschwierigkeit untersucht, der Fragebogen einer Faktoren- und Reliabilitätsanalyse unterzogen.

### **Ergebnisse**

Aus den drei Gruppendiskussionen (N=10 SchülerInnen der Jahrgangsstufe neun und zehn eines Gymnasiums des Schulamtsbezirks Darmstadt) wurden 130 Aussagen bezüglich der Skalen III „Reaktion auf Rückschläge und Beanstandungen“ (68 Aussagen, Beispiel: „Wenn ich im Physikunterricht etwas nicht gekonnt habe, teile ich das der Lehrkraft mit.“), IV „Reaktion auf Konkurrenz“ (48 Aussagen, Beispiel: „Wenn ein anderer in Physik besser wird, dann motiviert mich das, auch besser zu werden.“) und V „Verstehen von Physik“ (24 Aussagen, Beispiel: „In Physik gibt es ein Verständnis, das man von Geburt an mitgegeben bekommt.“) extrahiert. Ein Vergleich mit den Ergebnissen der Typisierung anhand der beiden bestehenden Skalen I und II zeigt, dass sich die SchülerInnen sowohl bei der „Reaktion auf Rückschläge und Beanstandungen“ als auch bei der „Reaktion auf Konkurrenz“ zu mindestens 60 Prozent entsprechend der Theorie der Mindsets verhielten.

Auf der Grundlage dieser extrahierten Aussagen und der Zitate aus der Interviewstudie von Goldhorn (2017) wurden neue Items für die Skalen III, IV und V formuliert. Der so entstandene Fragebogen aus insgesamt 35 Items (je Skala 5 bis 10 Items) wurde in einer Stichprobe von N = 228 SchülerInnen (136 weiblich und 92 männlich) aus den Jahrgangsstufen sieben bis zehn an fünf verschiedenen Schulen in den Landkreisen Darmstadt-Dieburg und Groß-Gerau eingesetzt. Die Reliabilitätsanalyse der fünf Skalen bestätigt die guten Werte für das Cronbachs Alpha der Skalen I „Allgemeine Überzeugungen“ ( $\alpha = 0,853$ ) und II „Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengung“ ( $\alpha = 0,898$ ). Auch die neu entwickelte Skala V zum „Verstehen von Physik“ hat mit  $\alpha = 0,725$  ein annehmbares Cronbachs Alpha, wobei hier ein Item wegen seiner geringen Trennschärfe von 0,05 zum Gesamtergebnis ausgeschlossen wurde. Die überarbeitete Skala III hat dagegen nur ein Cronbachs Alpha von  $\alpha = 0,628$ . Durch Weglassen einzelner Items lässt sich dieser Wert auf  $\alpha = 0,669$  verbessern. Die überarbeitete Skala IV kommt auch durch Streichen einzelner Items nicht über einen Wert von  $\alpha = 0,451$  hinaus.

Ausgehend von den teils schlechten Ergebnissen für die neuen Skalen wurde der Fragebogen ergebnisoffen untersucht. Dabei ergab der Screeplot einen deutlichen Knick im 5. Faktor, sodass eine Faktorenreduktion auf fünf Faktoren durchgeführt wurde. Diese zeigte, dass sowohl die Items zu I „Allgemeine Überzeugungen“ als auch die Items zu V „Verstehen von Physik“ auf die erste Komponente laden. Die zweite Komponente der Matrix entspricht genau der Skala II „Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengung“. Wie erwartet, weisen diese beiden Komponenten hohe Werte um 0,9 für das Cronbachs Alpha auf. Die

Items aus den Skalen „Reaktion auf Rückschläge und Beanstandungen“ (III) und „Reaktion auf Konkurrenz“ (IV) laden teilweise auf die dritte und teilweise auf die vierte Komponente. Der Wert des Cronbachs Alphas der dritten Komponente ist mit  $\alpha = 0,749$  annehmbar. Der Wert des Cronbachs Alphas der vierten Komponente lässt sich durch Streichen eines Items von  $\alpha = 0,656$  auf  $\alpha = 0,721$  verbessern. Auch inhaltlich lassen sich diese vier Komponenten nach Streichung je eines Items in Komponente 3 und 4 sinnvoll deuten: (1) „Allgemeine Vorstellungen bezüglich Physik und Verstehen von Physik“, (2) „Reaktion auf Herausforderung und Anstrengung“ bzw. „Vorlieben bei der Aufgabenwahl bezüglich der Schwierigkeit“, (3) „Inanspruchnahme von Hilfe und Orientierung an Anderen“ und (4) „Negative Emotionen“. Da die vierte Komponente jedoch aus nur drei Items mit schwachen Trennschärfen zum Testscore von  $\leq 0,30$  besteht, welche zudem nicht auf extreme Itemschwierigkeiten zurückzuführen sind, wurde diese Komponente in der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt. (Auch die fünfte Komponente mit drei Items ohne erkennbaren inhaltlichen Zusammenhang wurde gestrichen.) So entstand ein Fragebogen (Tab. 1) aus drei Skalen mit 26 fünfstufigen Ratingitems ( $\alpha_{\text{gesamt}} = 0,907$ ):

| Skala                                                                                                  | Anzahl | Alpha | Beispiel                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Allgemeine Vorstellungen bezüglich Physik und Verstehen von Physik                                   | 15     | 0,902 | Jeder kann Physik verstehen, man muss nur genug dafür tun.                    |
| 2 Reaktion auf Herausforderung und Anstrengung, Vorlieben bei der Aufgabenwahl bzgl. der Schwierigkeit | 5      | 0,898 | Je kniffliger eine Aufgabe in Physik ist, desto besser gefällt sie mir.       |
| 3 Inanspruchnahme von Hilfe und Orientierung an Anderen                                                | 6      | 0,751 | Wenn ich in Physik etwas nicht gekonnt habe, teile ich das der Lehrkraft mit. |

Tab. 1: Überblick über die Skalen des gebildeten Gesamtfragebogens

Unter Verwendung dieses Fragebogens konnten die Ergebnisse der Stichprobe analysiert werden. Der Shapiro-Wilk Test wies hierfür eine hoch signifikante Abweichung von der Normalverteilung auf, so dass der Mann-Whitney-U-Test auf Mittelwertunterschiede durchgeführt wurde. Dieser ergab einen hoch signifikanten ( $p = 0,007$ ) Mittelwertunterschied zwischen Mädchen und Jungen, wobei Jungen dem Testergebnis nach eher zum **Growth Mindset** tendierten. Auch konnte ein hoch signifikanter ( $p = 0,001$ ) Unterschied zwischen SchülerInnen der achten und der neunten Jahrgangsstufe festgestellt werden. Insbesondere bei Mädchen ( $N=93$ ) ist dieser Unterschied signifikant ( $p = 0,004$ , mittlere Rang der Achtklässlerinnen bei 54, der der Neuntklässlerinnen bei 38), wohingegen für die Jungen ( $N = 57$ ) kein signifikanter Unterschied zwischen den Jahrgangsstufen festgestellt wurde.

### Fazit

Entgegen dem ursprünglichen Ziel konnten keine Skalen im Sinne des Reaktionsmusters entsprechend der Mindsets entwickelt werden. Vor allem die „Reaktion auf Konkurrenz“ scheint maßgeblich von weiteren Faktoren beeinflusst. In den Interviews haben die SchülerInnen oft mit Sympathie und Antipathie argumentiert, wenn sie die Art der Reaktion auf leistungsstärkere MitschülerInnen begründen sollten. Die explorative Faktorenanalyse ergab jedoch einen ersten Hinweis auf eine mögliche alternative Skalenbildung, wobei sich die Skalen „Allgemeine Vorstellungen bezüglich Physik und Verstehen von Physik“ sowie „Reaktion auf Herausforderung und Anstrengung“ bestätigen ließen. Wünschenswert wäre jedoch die weitere Ausschärfung des angedeuteten Zusammenhangs des Mindsets mit der „Inanspruchnahme von Hilfe und Orientierung an Anderen“. Dem muss in zukünftigen Studien weiter nachgegangen werden. Bei den Ergebnissen der Stichprobe ist vor allem der Unterschied zwischen den Mindsets der Mädchen der achten und neunten Jahrgangsstufe auffällig, was auf eine Entwicklung im Verlauf der ersten Physikunterrichtsjahre hindeuten könnte. Insgesamt ist in Hinblick auf die Interpretation jedoch der explorative Charakter der Studie zu bedenken, die an einzelnen Schulen in engem geografischem Umkreis durchgeführt wurde.

### Literatur

- Aronson, J.; Fried, C. & Good, C. (2002): Reducing the effects of stereotype threat on African American college students by shaping theories of intelligence, *Journal of experimental Social Psychology*, 38, 113-125.
- Blackwell L. A.; Trzesniewski, K. H. & Dweck, C. S. (2007): Theories of intelligence and achievement across the junior high school transition: A longitudinal study and an intervention, *Child development*, 78, 246-263.
- Dar-Nimrod, I. & Heine, S. J. (2006): Exposure to scientific theories affects women's math performance, *Science*, 314, 435.
- Dweck, C. S. (2006): *The new psychology of success*, Random House, New York
- Goldhorn, L. (2017): *Mindsets von Schülerinnen und Schülern im Fach Physik – eine Interviewstudie*. Wissenschaftliche Hausarbeit am FB Physik der TU Darmstadt (unpublished).
- Good, C.; Aronson, J. & Inzlicht, M. (2003): Improving Adolescents' standardized test performance: An intervention to reduce the effects of stereotype threat, *Journal of Applied Developmental Psychology*, 24, 645-662.
- Spatz, V. & Hopf, M. (2017): Erhebungsinstrument zu den Mindsets von Lernenden im Fach Physik, Oder: „Albert Einstein – der war schon so ein bisschen begabt...“. In: C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 344). Universität Regensburg.
- Yeager, D. S. & Walton, G. M. (2011): Social-Psychological Interventions in Education: They're Not Magic, *Review of Educational Research*, 81, 267-301.

Hilde Köster  
 Volkhard Nordmeier  
 Tobias Mehrrens  
 René Dohrmann

Freie Universität Berlin

## **Diagnosebasierte individuelle Förderung potentiell leistungsfähiger Schüler\*innen**

### **Ausgangspunkt: Allgemeine Ziele im Projekt LemaS**

Das durch das BMBF geförderte Verbundprojekt „LemaS“ (Leistung macht Schule) mit 300 beteiligten Schulen und Wissenschaftler\*innen an 16 Hochschulen ist einerseits auf die wissenschaftliche Begleitung von Schulen bei der Entwicklung eines ressourcen- und potenzialorientierten Leitbildes sowie den Aufbau einer kooperativen Netzwerkstruktur ausgerichtet und andererseits auf die Diagnose, Entfaltung und Entwicklung besonderer (Leistungs-) Potenziale von Schüler\*innen und Schülern in der Grundschule und den Sekundarstufen.

Die Lehrkräfte sollen unterstützt werden Leistungspotentiale und -stärken bei Lernenden zu erkennen und einen Leistungsbegriff zu entwickeln, der neben schulischen Zielen auch die individuelle Persönlichkeitsbildung und den Lebenskontext berücksichtigt. Fach- und inhaltsbezogen werden Instrumente für die Diagnose besonderer Potenziale bei den Lernenden sowie fachdidaktische Konzepte für einen adaptiven Unterricht und eine bereichsspezifische individuelle Förderung erarbeitet und erprobt.

### **Theoretischer Hintergrund: Potenziale**

Ausgangspunkt für das Projekt LemaS ist die Hypothese, dass der Regelunterricht für (potentiell) leistungsstarke Schüler\*innen zu wenige Möglichkeiten bietet, eigene Potenziale zu entdecken bzw. zu entwickeln. Leistungsstarke Schüler\*innen langweilen sich im Regelunterricht (Hoyer et al., 2014; Preckel et al., 2010), was zu Motivations- und Leistungseinbußen sowie insgesamt zu Entwicklungsrisiken führen kann (Fischer & Fischer-Ontrup, 2016; Gronostaj et al., 2016). Inwiefern die schulische und in weiten Teilen auch die persönliche Entwicklung gelingt, ist abhängig von einer guten Passung zwischen individueller Lernausgangslage und Lernangeboten (Connor et al., 2007; Eccles et al., 1993). Adaptiver Unterricht, der den individuellen Lernbedürfnissen entgegenkommt, findet derzeit in Schulen aber eher selten statt (Westphal, 2016; Lankes & Carstensen, 2007; Schrader & Helmke, 2008). Studienergebnisse zeigen, dass Lehrkräfte mit konstruktivistischen Überzeugungen und solche mit guten Diagnosekompetenzen häufiger differenzierende und kognitiv aktivierende Unterrichtsmaterialien einsetzen als transmissiv eingestellte (Richter et al., 2014; Anders et al., 2010; Westphal et al., 2016). Insgesamt fördern Lehrkräfte eher leistungsschwächere als leistungsstarke Schüler\*innen (Schroeders et al., 2016). Gleichzeitig zeigen Schüler\*innen in Risikolagen in Deutschland immer noch geringere schulische Leistungen, sind und fühlen sich weniger erfolgreich (Ehmke & Jude, 2010; Andresen & Hurrelmann, 2013; Ikeda & Garcia, 2014), und ihre Interessen und schulischen Ambitionen werden weniger unterstützt (Dumont et al. 2014).

Die Entwicklung von Expertise setzt eine frühe, intensive und langjährige Beschäftigung mit dem jeweiligen Bereich voraus (Ericsson & Pool, 2016). Das Vorwissen ist dabei ein ebenso bedeutsamer Prädiktor für Erfolg wie intra- und interpersonale Katalysatoren bzw. Moderatoren (Fischer & Fischer-Ontrup, 2015; Gagné, 2008; Heller & Perleth, 2007; Käpnick, 2010). Fördermaßnahmen wie Enrichment und Akzeleration zeigen durchaus Erfolge (Kim, 2016), können aber nur dann eingesetzt werden, wenn die Potenziale der Lernenden entdeckt worden sind. Voraussetzung dafür ist, da Leistungspotenziale bereichsspezifisch sind (vgl. Blömeke et al. 2015; Berliner 2004), eine dem Leistungsbereich entsprechende Diagnostik

(Schrader, 2017). Die Lernverlaufsdiagnostik (formatives Assessment) stellt ein solches auf regelmäßigen Rückmeldungen zur individuellen Leistungsentwicklung beruhendes Verfahren dar (Hasselhorn et al., 2014). Es bedarf jedoch noch umfassender Schulentwicklungsprozesse, um eine durchgängige Praxis adaptiven potenzialförderlichen Unterrichts zu implementieren.

### **Ziele und Fragestellungen der LemaS-Teilprojekte an der Freien Universität Berlin**

Das Ziel des Teilprojekts „DiaMINT Sachunterricht“ ist die diagnosebasierte individuelle Förderung leistungsstarker und potenziell leistungsfähiger Schüler\*innen im Sachunterricht (mit dem Schwerpunkt Naturwissenschaft). Ausgehend von dem Befund, dass den Lernenden individuelle domänenspezifische Potenziale und Bedarfe zueigen sind, die in der Schulpraxis bisher zu wenig Beachtung finden (Blömeke et al. 2015; Philipp & Souvignier 2016), besteht das Hauptziel des Teilprojekts darin, adaptive Konzepte für eine diagnosebasierte individuelle Förderung zu entwickeln, die den jeweiligen Besonderheiten des Faches sowie den spezifischen Potenzialen und Bedürfnissen der Kinder entsprechen und lernfördernde oder -hemmende intra- und interpersonale Einflussfaktoren berücksichtigen.

Die theorie- bzw. evidenzbasiert entwickelten Konzeptansätze bzw. adaptierten Konzepte und Lernarrangements sollen gemeinsam mit den Lehrkräften in der Unterrichtspraxis in Sinne des Design-based Research-Ansatzes weiterentwickelt und formativ evaluiert werden. Sie sollen dabei möglichst flexibel an die jeweiligen konkreten Bedingungen angepasst werden können.

Das Ziel des Teilprojekts „DiaMINT Physik“ ist die diagnosebasierte individuelle Förderung leistungsstarker und potenziell leistungsstarker Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht der Sekundarstufe I. In diesem Teilprojekt sollen ebenfalls adaptive Unterrichtskonzepte entwickelt und erprobt werden. Die prozessorientierte Lerndiagnostik fokussiert dabei sowohl auf fachliche Kompetenzen als auch lernfördernde oder -hemmende intra- und interpersonale Einflussfaktoren. Darüber hinaus sollen exemplarisch Lernarrangements für den Einsatz im Physikunterricht entwickelt werden, die insbesondere ein selbstregulierendes bzw. selbstbestimmtes und forschendes Lernen ermöglichen und Physik(MINT)-bezogenen Genderspezifika Rechnung tragen. Es werden fachspezifische als auch fächerübergreifende, curriculum-nahe als auch curriculum-unabhängige Lernthemen und Interessenfelder der Schülerinnen und Schüler sowie die Einbeziehung digitaler Medien berücksichtigt. Die Lernarrangements und die Diagnose-Fördertools sollen auch in Lehr-Lern-Labor-Seminaren an der Universität erprobt werden, so dass die beteiligten Studierenden bereits frühzeitig sowohl in die Theorie als auch in die Praxis der Identifikation und Förderung leistungsstarker bzw. potentiell leistungsfähiger Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht eingeführt werden.

## Literatur

- Anders, Y., Kunter, M., Brunner, M., Krauss, S. & Baumert, J. (2010). Diagnostische Fähigkeiten von Mathematiklehrkräften und die Leistungen ihrer Schülerinnen und Schüler. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 57(3), 175-193.
- Andresen S. & Hurrelmann, K. (2013): *Kinder in Deutschland. 3. World Vision Kinderstudie*. Weinheim: Beltz.
- Berliner, D. C. (2004). Describing the behavior and documenting the accomplishments of expert teachers. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24, 200-212.
- Behrensen, B. & Solzbacher, C. (Hrsg.) (2016): *Grundwissen. Hochbegabung in der Schule. Theorie und Praxis*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Blömeke, S.; Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R.J. (2015). Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223, 3-13.
- Connor, C. M., Morrison, F. J., Fishman, B. J., Schatschneider, C., & Underwood, P. (2007). Algorithm-guided individualized reading instruction. *Science*, 315, 464-465.
- Dumont, H., Maaz, K., Neumann, M. & Becker, M. (2014). Soziale Ungleichheiten beim Übergang von der Grundschule in die Sekundarstufe I: Theorie, Forschungsstand, Interventions- und Fördermöglichkeiten. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 24*, 141-165.
- Eccles, J. S., Midgley, C., Wigfield, A., Buchanan, C. M., Reuman, D., Flanagan, C., & Mac Iver, D. (1993). Development during adolescence: The impact of stage-environment fit on young adolescents' experiences in schools and in families. *American psychologist*, 48, 90.
- Ehmke, T. & Jude, N. (2010). Soziale Herkunft und Kompetenzerwerb. In E. Klieme, C. Artelt, J. Hartig, N. Jude, O. Köller, M. Prenzel & P. Stanat (Hrsg.), *PISA 2009: Bilanz nach einem Jahrzehnt* (231-254). Münster: Waxmann.
- Ericsson, K. A. & Pool, R. (2016). *Die Wissenschaft vom bewussten Lernen*. München: Pattloch.
- Fischer C., & Fischer-Ontrup C. (2015). Besondere Begabungen - Diagnostik, Förderung und Beratung. In: K. Seifried, S. Drewes, M. Hasselhorn (Hrsg.), *Handbuch Schulpsychologie. Psychologie für die Schule* (S. 171-184). 2. Aufl., Stuttgart: Kohlhammer.
- Fischer, C. & Fischer-Ontrup, C. (2016). Mehrfach außergewöhnlich: Besonders begabte Kinder mit Lern- und Leistungsschwierigkeiten. *Lernen und Lernstörungen*, 5, 207-218.
- Gagné, F. (2008). The differentiated model of giftedness and talent /DMGT). In J.S. Renzulli, E.J. Gubbins, K. McMillen, R.D. Eckert & C.A. Little (Hrsg.), *Systems and models for developing programs for the gifted and talented* (2nd ed.)
- Gronostaj, A., Werner, E., Bochow, E. & Vock, M. (2016). How to learn things at school you don't already know: Experiences of gifted grade skippers in Germany. *Gifted Child Quarterly*, 60(1), 31-46.
- Hasselhorn, M., Schneider, W. & Trautwein, U. (Hrsg.). (2014). *Lernverlaufsdiagnostik (Tests und Trends N.F. Band 12)*. Göttingen: Hogrefe.
- Heller, K.A. & Perleth, C. (2007). *Münchener Hochbegabungstestbatterie für die Primarstufe (MHBT-P)*. Göttingen: Hogrefe.
- Hoyer, T., Haubl, R. & Weigand, G. (Hrsg.). (2014). *Sozio-Emotionalität von hochbegabten Kindern: Wer sie sind - was sie bewegt - wie sie sich entwickeln*. Weinheim: Beltz.
- Ikedo, M. & Garcia, E. (2014). Grade repetition: A comparative study of academic and non-academic consequences. *OECD Journal: Economic Studies*, 2013 (1), 269-315.
- Käpnick, F. (Hrsg.) (2010): *Das Münsteraner Projekt „Mathe für kleine Asse“*. Perspektiven von Kindern, Studierenden und Wissenschaftlern (Bd. 2 der Reihe Schriften zur mathematischen Begabungsforschung; hrsg. von F. Käpnick). Münster: WTM.
- Kim, M. (2016). A meta-analysis of the effects of enrichment programs on gifted students. *Gifted Child Quarterly*, 60, 102-116.
- Lankes, E. M. & Carstensen, C. H. (2007). Der Leseunterricht aus der Sicht der Lehrkräfte. In W. Bos, S. Hornberg, K.-H. Arnold, G. Faust, L. Fried, E.M. Lankes, K. Schwippert, & R. Valtin (Hrsg.), *IGLU 2006*
- Philipp, M. & Souvignier, E. (Hrsg.). (2016). *Implementation von Lesefördermaßnahmen. Perspektiven auf Gelingensbedingungen und Hindernisse*. Münster: Waxmann.
- Preckel, F., Götz, T. & Frenzel, A. (2010). Ability grouping of gifted students: Effects on academic self-concept and boredom. *British Journal of Educational Psychology*, 80, 451-472.
- Schrader, F.-W. & Helmke, A. (2008). Determinanten der Schulleistung. In M. Schweer (Hrsg.), *Lehrer-Schüler-Interaktion. Inhaltsfelder, Forschungsperspektiven und methodische Zugänge* (2. Aufl., S. 285-302). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schrader, F.-W. (2017). Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften – Anmerkungen zur Weiterentwicklung des Konstrukts. In A. Südkamp & A.-K. Praetorius (Hrsg.), *Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften*, 247-255. Münster: Waxmann.
- Schroeders, U., Schipolowski, S., Zettler, I., Golle, J. & Wilhelm, O. (2016). Do the smart get smarter? Development of fluid and crystallized intelligence in 3rd Grade. *Intelligence*, 59, 84-95.

Nanni Kaiser<sup>1</sup>  
 Manuela Welzel-Breuer<sup>2</sup>  
 Claudia Solzbacher<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Osnabrück  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg

## **Aspekte der Handlungskompetenz bei Begabungsförderern. Eine Studie am Beispiel der Kinderakademie Mannheim**

### **Kontext und Ausrichtung der Studie**

Die professionelle Förderung von hoch begabten Kindern mit ihren besonderen Eigenschaften und Fähigkeiten, zum Beispiel als qualifizierte Zusatzförderung an Kinderakademien, erfordert kompetentes Handeln der pädagogischen Kräfte (Solzbacher et.al., 2014; Baumert & Kunter, 2006). Mit der hier vorgestellten Studie wird untersucht, wie die Handlungskompetenzen von AG-Leiter\*innen verschiedener Disziplinen ausgeprägt sind. Haupterhebungsinstrumente sind eine Online-Einzelbefragung (n=30) und ein Leitfadeninterview (n=27) als Gruppeninterview. Die theoretische Grundlage ist eine Adaption des Handlungskompetenzmodells von Theo Hülshoff. Für die Auswertung wurde die Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2003) herangezogen. Erste Ergebnisse zeigen, dass über Verbesserungsmöglichkeiten einzelner Kompetenzbereiche und sich daraus ergebende Fort- und Weiterbildungsangebote diskutiert werden muss.

### **Theoretischer Zugang**

Die Grundschule als elementarer Bereich unseres Bildungssystems ist mit am prägendsten in der Schulbiographie eines Kindes. Als integrative Schulform steht sie heute mehr denn je vor der Herausforderung und Verpflichtung, den unterschiedlichsten Voraussetzungen und den verschiedensten Begabungen mit auf die einzelnen Schüler\*innen abgestimmten Fördermaßnahmen zu begegnen (Bildungsplan Baden-Württemberg, 2016). Die Erfüllung dieses verfassungsmäßigen Auftrags beinhaltet selbstverständlich nicht nur die Berücksichtigung der Chancengleichheit von sozial benachteiligten Kindern und Kindern mit defizitären Lernbereichen, sondern gilt auch für hoch begabte Schüler\*innen (Heller (Ed.), 2001). Erkennen, Akzeptieren und Fördern von hoch begabten Schüler\*innen ist Teil der pädagogischen Verantwortung, die ein professionelles Handeln voraussetzt. Demzufolge beinhaltet eine „Schule für alle“ auch den Aufbau eines schulischen Profils in der Begabtenförderung, basierend auf einem gemeinsamen Grundverständnis von inklusiver Begabtenförderung und individueller Förderung. (vgl. Steenbuck, Quitmann und Esser, 2011)

Wie ausgeprägt sind nun die Handlungskompetenzen der Begabungsförderer? Genügt die Orientierung am Kind, die Berücksichtigung seiner Interessen, seiner Vorerfahrungen, verbunden mit einem attraktiven Angebot? Um diese Fragen beantworten zu können, müssen Handlungskompetenzmodelle herangezogen werden, die verschiedene Ansätze und Kompetenzbereichen widerspiegeln. Handlungskompetenzmodelle sind inzwischen fester Bestandteil des bildungspolitischen Diskurses (Weinert, 2003; Lay, 1989; Roth 1971).

Theoretische Grundlage dieser Studie ist das Handlungskompetenzmodell von Theo Hülshoff (2004), der das Miteinander der verschiedenen Teilkompetenzen in den Mittelpunkt stellt. Er erweitert die bisherigen Modelle mit philosophisch-pädagogischen Gesichtspunkten (s. Abb. 1).



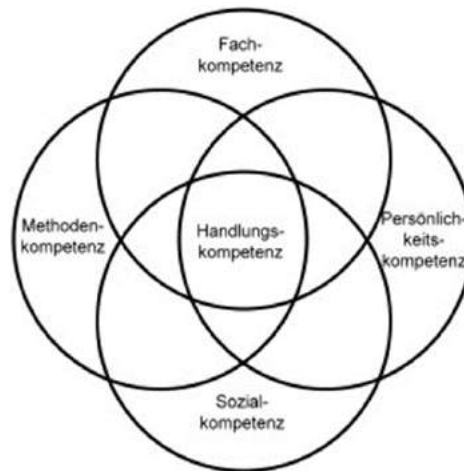


Abb. 1 Handlungskompetenzmodell von Hülshoff (2004)

Nach Hülshoff bedarf es neben der fachlichen und methodischen Kompetenz einer weiteren Komponente, der emotionalen Kompetenz, die wiederum in die Sozialkompetenz eingebettet ist. Sie beschreibt das „Miteinander umgehen können“ oder das „Zusammenarbeiten“ mit Anderen. Daneben ordnet Hülshoff der Persönlichkeitskompetenz die moralische Werterhaltung sowie die Überzeugungen einer Person zu. „Die persönliche Kompetenz ist die Grundlage eines Handelns, das nicht nur fachlichen, sondern auch moralischen Anforderungen“ genügt. (Appelmann 2009, S.77). Dieser Fokus auf die Moral unterscheidet das Modell von Hülshoff von anderen, welche hauptsächlich die fachlichen und methodischen Kompetenzen in den Mittelpunkt stellen. Sein Handlungskompetenzmodell berücksichtigt die ganze Persönlichkeit der Lehrperson und nicht nur Teile von ihr.

#### Fragestellung und forschungsmethodisches Vorgehen

Basierend auf der dargestellten theoretischen Grundlage wurde das Kompetenzmodell von Hülshoff (2004) auf die Anforderungen der Arbeit als Begabungsförderer in Bezug auf hoch begabte Kinder interpretiert, adaptiert und für die notwendigen Datenerhebungen operationalisiert. Es ergaben sich die folgenden Hauptkategorien, die jeweils mehrere Unterkategorien beherbergen (siehe Abb. 2):

|                       |   |                                                                                       |
|-----------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Persönliche Kompetenz | ➔ | Bewußtsein der eigenen Rolle und Vorbildfunktion                                      |
| Emotionale Kompetenz  | ➔ | Pädagogisches Gespür im Umgang mit dem hoch begabten Kind                             |
| Methodische Kompetenz | ➔ | Lern-und Arbeitsprozesse mit hoch begabten Kindern gestalten können                   |
| Fachkompetenz         | ➔ | Besonderheiten hoch begabter Kinder kennen und über das benötigte Fachwissen verfügen |

Abb. 2 Kompetenzbereiche nach Hülshoff und Operationalisierung

Unter Nutzung dieser Kategorien wurden die folgenden Fragestellungen bearbeitet und entsprechende Erhebungsinstrumente entwickelt:

- Wie schätzen die Begabungsförderer einer Kinderakademie selbst ihre Handlungskompetenz in den gegebenen Kompetenzbereichen ein?
- Auf welche Aspekte der Handlungskompetenz achten die Begabungsförderer bei der Gestaltung des Förderangebots?
- Welche Inhalte/Themen werden in ihren Angeboten berücksichtigt?
- Wie weit sind das Verständnis und die Haltung bezüglich Hochbegabung bereits entwickelt?

Mittels einer Online-Befragung (Einzelbefragung, n=30) als Vorerhebungsinstrument wurden die einzelnen Kompetenzbereiche auf der Grundlage der Selbsteinschätzung erfasst und quantitativ statistisch-deskriptiv ausgewertet. Die Ergebnisse hieraus dienten als Grundlage für das Haupterhebungsinstrument, die Entwicklung eines Leitfadeninterviews (Gruppeninterview, n=27).

### **Ergebnisse der Onlinebefragung**

Die *Selbsteinschätzung der Handlungskompetenz* zeigte hinsichtlich der forschungsleitenden Fragestellungen spezifische Auffälligkeiten und ergab neue, vertiefende Fragen, die in Leitthemen (Kategorien) gebündelt, die Ausprägung der einzelnen Kompetenzbereiche widerspiegeln. Hier wurde beispielsweise die Verbesserungswürdigkeit der Teilkompetenzen von 70% der Befragten bestätigt und detailliert sichtbar. Auffällig bei der Kategorie *Gestaltung und Planung des Förderangebots* war bezüglich der *Methodenkompetenz* das defizitäre Wissen über Feedbackkultur und die dazu nötigen Instrumente. 47% der Befragten gaben an, eher selten oder gar kein persönliches Feedback zu geben.

Die Betrachtung der *Inhalte und Themen des Förderangebots* ergab, dass bezüglich der *Emotionalen Kompetenz* die Interessen der Kinder bei 57% der Befragten zwar wahrgenommen, jedoch nicht in das Fördergeschehen eingebunden werden. Das *Verständnis* für und die *Haltung* zum hoch begabten Kind stellen sich in der *Persönlichen Kompetenz* dar. Die Wahrnehmung des Begabungspotentials scheint bei den Befragten unterschiedlich ausgeprägt zu sein. Obwohl die Fördermaßnahme ausschließlich von nachweislich hoch begabten Kindern besucht wird, sind laut Online-Befragung 33% der Begabungsförderer nicht von deren hohen Begabungspotential überzeugt.

### **Diskussion**

Die Leitfadeninterviews fanden bereits als Gruppeninterviews statt (n=27). Die Transkripte befinden sich zurzeit in der Auswertung und geben tiefere Einblicke in Ausprägungen und Zusammenhänge und behandeln offene Fragen auf der Grundlage der Onlinebefragung. Schon jetzt zeigt sich, dass die Individualisierung des Förderangebots, die Entwicklung der Teamfähigkeit sowie der Leistungsorientierung Gegenstand der Diskussion sein müssen. Ein wichtiges Thema ist auch die Verbesserungswürdigkeit in allen Kernbereichen der Kompetenzen nach dem Handlungskompetenzmodell von Hülshoff. Weitere Themen, die im Interview berücksichtigt wurden, waren beispielsweise das Rollenverständnis, die Ausprägung der Selbstkompetenz und die Beziehungsgestaltung. Auffällig ist, dass die Identifizierung der Befragten mit der Förderwürdigkeit von Hochbegabung weniger ausgeprägt ist, als erwartet. Damit verbunden sind der Wunsch nach Fort- und Weiterbildungsangeboten als auch nach Austauschmöglichkeiten untereinander. Dies sollte sowohl im Rahmen der Fachkompetenz als auch in der Methodenkompetenz thematisiert werden. Ziel der gesamten Studie ist die Herausarbeitung von Schwerpunkten für eine mögliche Förderung und Optimierung der Handlungskompetenz von Begabungsförderern und die Entwicklung von Empfehlungen für Fortbildungsangebote.

## Literatur

- Appelmann, B. (2009). Führen mit emotionaler Kompetenz – ein betriebspädagogisches Konzept. Bielefeld. S. 60-80
- Baumert, J. u. Kunter, M. (2006). Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9. Jahrgang, Heft 4/2006, S. 469-520
- Heller, K., A. (Ed.) (2001). Hochbegabung im Kindes- und Jugendalter. Göttingen; Bern; Toronto; Seattle: Hogrefe
- Hülshoff, T. (2002). Leadership Tätigkeiten, WSB-Studienmaterial. Landau
- Hülshoff, T. (2004). Das Handlungskompetenzmodell – Ein grundlegendes betriebliches Konstrukt. In: Hülshoff, T. (Hrsg.): WSN- Information. Landau
- Lay, R. (1989). Philosophie für Manager. 3. Auflage. Düsseldorf.
- Mayring, P. (2003). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.): Bildungsplan Grundschule 2016
- Roth, H. (1971). Pädagogische Anthropologie, Band 2: Entwicklung und Erziehung. Hannover: Schroedel
- Schwer, C. & Solzbacher, C. Hrsg. (2014). Professionelle pädagogische Haltung. Klinkhardt, Bad Heilbrunn.
- Steenbuck, O. Quitmann, H.; Esser ,P. (Hrsg.) (2011). Inklusive Begabtenförderung in der Grundschule. Konzepte und Praxisbeispiele zur Schulentwicklung. Weinheim: Beltz
- Solzbacher, C., Lotze, M. & Sauerhering, M. (2014). „Selbst –lernen- können“ Selbstkompetenzförderung in Theorie und Praxis. Schneider Verlag Hohengehren
- Weinert, F. E. (2001). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise. In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)

### Service-Learning zur Planetarischen Leitplanke „Verlust von Phosphor“

Am Beispiel der Planetarischen Leitplanke „Verlust von Phosphor“ wird ein Service-Learning Projekt (oder *Lernen durch Engagement*, kurz LdE) an der Universität Siegen konzipiert, durchgeführt und evaluiert, welches fachliches Lernen mit gesellschaftlichem Engagement verknüpft (Seifert, Zentner & Nagy, 2012) und einen Beitrag zur *Großen Transformation* zu einer nachhaltigen Entwicklung (WBGU, 2011) leisten soll.

In Kooperation mit dem Naturpark Sauerland-Rothaargebirge und dem HuK Umweltlabor wird ein Rahmen geschaffen, in welchem Lernende sich mit dem Thema vor allem in Hinblick auf die regionale Landwirtschaft auseinandersetzen und anhand moderner umweltanalytischer Messmethoden durch chemisches Fachwissen zu einer aktiven Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung befähigt werden sollen.

#### Relevanz des Themas

Das für alle Lebewesen essenzielle Element Phosphor birgt durch seinen biogeochemischen Stoffkreislauf, welcher durch den breiten Einsatz von Phosphor als Düngemittel zunehmend gefährdet wird, großes Potenzial als *socio-scientific issue* (Sjöström, Rauch & Eilks, 2015) für den Chemieunterricht mit dem Ziel einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) nutzbar gemacht zu werden.

Der für die Zukunft absehbare Mangel an Phosphor kommt als relevantes gesamtgesellschaftliches Problem vor allem in der Landwirtschaft zum Tragen. Als Makronährstoff für Pflanzen wird das Element in großem Maßstab als mineralisches Düngemittel auf Ackerflächen eingesetzt. Die Herstellung hängt von der nicht erneuerbaren, endlichen Ressource Rohphosphat ab. So wird angesichts der durch das Bevölkerungswachstum bedingten, zunehmenden Nachfrage eine Bedrohung der Ernährungssicherheit absehbar (Cordell, 2009). Aber auch durch einen ineffizienten Einsatz von organischen Düngemitteln wird das Element in seinen Verbindungen entweder zum limitierenden Faktor für das Pflanzenwachstum, oder bei Überdüngung unwiederbringlich in Gewässer ausgewaschen, wo es durch erhöhte Nährstoffgehalte zur Ursache von Eutrophierung wird (BGR, 2013).

Eine nachhaltige Nutzung des Lebenselements Phosphor, vor allem durch eine bedarfsgerechte Düngung in der Landwirtschaft, lässt sich den von den Vereinten Nationen formulierten *Sustainable Development Goals* (SDGs) „Ernährung sichern“ (SDG 2), „Nachhaltige Konsum- und Produktionsweisen“ (SDG 12) und „Landökosysteme schützen“ (SDG 15) der *Agenda 2030* zuordnen (Vereinte Nationen, 2015). In diesem Sinne hatte der WBGU empfohlen, ein gesondertes „Leitplanken-SDG“ mit dem Titel „Sicherung der Erdsystemleistungen“ mit folgenden Leitplanken einzurichten: Klimawandel, Ozeanversauerung, Biologische Vielfalt und Ökosystemdienstleistungen, Land- und Bodendegradation, Gefährdung durch langlebige anthropogene Schadstoffe und Verlust von Phosphor (WBGU 2014, 4). Dabei werden Planetarische Leitplanken als quantifizierbare Belastungsgrenzen des Erdsystems verstanden (WGBU, 2014), wobei sich der „Verlust von Phosphor“ als Masse an Phosphor pro Jahr bemisst, welches in die Gewässer fließt, und durch die Überschreitung der Belastungsgrenze im kritischen Bereich liegt (Steffen et al, 2015).

Im Sinne der transformativen Bildung (WGBU, 2011) bietet die Methode Service-Learning eine Möglichkeit, Lernende am Transformationsprozess zu beteiligen und ihnen Partizipation in Bildungsprozessen zu ermöglichen. Im Rahmen von an der Universität Siegen stattfindender Kurse des Fachbereichs Chemie können SchülerInnen der 11. Klasse verschiedener Schulen für ein Schulhalbjahr am Projekt teilnehmen.

### **Service-Learning**

Die transformative Lehr- und Lernform Service-Learning basiert auf einem möglichst ausgewogenen Verhältnis der Elemente „Lernen“ und „Engagement“, und soll nicht nur zu einem tieferen Verständnis der Lerninhalte beitragen, sondern zugleich Demokratie- und Sozialkompetenzen fördern und langfristig zu gesellschaftlichem Engagement motivieren. Aus Studien geht hervor, dass sich die Methode unter anderem positiv auf das Selbstwertgefühl und die Selbstwirksamkeitserwartung der Lernenden auswirken, demokratisches und politisches Bewusstsein der SchülerInnen stärken, und eine Motivationssteigerung hinsichtlich des Engagements bewirken kann (Furco, 2002).

Um ein wirkungsvolles LdE-Projekt realisieren zu können, sind folgende zentrale Qualitätsstandards bei der praktischen Umsetzung zu beachten (Seifert & Zentner, 2010):

- Realer Bedarf
- Curriculare Anbindung
- Begleitende Reflexion
- Engagement an einem außerschulischen Lernort
- Schülerpartizipation (Einbinden der Lernenden in den Projektverlauf)
- Anerkennung und Abschluss (durch beispielsweise eine Abschlusspräsentation)

Im vorliegenden Beispiel werden ausgehend von einem realen Bedarf landwirtschaftliche Nutzflächen mit dem Ziel untersucht, den Nährstoffversorgungszustand der Böden zu ermitteln, Landwirte darüber zu informieren, hinsichtlich der Düngepraxis zu beraten und für die Phosphorproblematik zu sensibilisieren.

### **Verlauf des Projektes**

Zunächst erarbeiten sich die SchülerInnen in der ersten Projektphase die fachlichen Grundlagen aus den Bereichen Chemie, Biologie, Geographie, Wirtschaft und Politik möglichst eigenständig in kooperativen Lernformen zur Vorbereitung auf das außerschulische Engagement. Ein besonderer Schwerpunkt im Bereich Chemie liegt auf umweltanalytischen Messmethoden, insbesondere der kolometrischen Spektroskopie.

Durch die Kooperation mit dem Naturpark Sauerland-Rothaargebirge bestehen Kontakte zu verschiedenen Landwirten der Region, die als Engagement-Partner am Projekt teilnehmen. Nach umfassender Planung und Einarbeitung in die korrekte Probennahmetechnik entnehmen die SchülerInnen in Kleingruppen mithilfe eines handgeführten Bohrstocks eine repräsentative Anzahl Bodenproben auf den Ackerflächen des Landwirts und kartieren diese mittels GPS im Sinne von Precision Farming. Die entnommenen Mischproben werden fachgerecht aufbereitet und anhand eines Spektralphotometers der Firma WINLAB auf ihren pflanzenverfügbaren Phosphatgehalt untersucht. Im Anschluss lernen die SchülerInnen im HuK Umweltlabor weitere Verfahren der analytischen Chemie kennen, erhalten die Möglichkeit der Validierung ihrer Messergebnisse und können im Hinblick auf die eigene Berufsorientierung wertvolle Einblicke im Bereich der modernen Umweltanalytik gewinnen.

Die Messergebnisse werden in Form eines Analyseberichts ausgewertet, indem die Bodenproben hinsichtlich des Nährstoffbedarfs interpretiert und als teilflächenspezifischer Düngbedarf sichtbar gemacht werden. Auf dieser Grundlage können die Lernenden selbst mitentscheiden, wie sie die Landwirte über ihre Ergebnisse informieren, beraten und für die Phosphorproblematik sensibilisieren möchten. Als Projektabschluss stellen die SchülerInnen die Arbeitsergebnisse in Form einer Abschlusspräsentation an der Universität Siegen vor.

### **Begleitstudie**

Nachhaltigkeit wird laut einer aktuellen Studie des BMU (2018) von Jugendlichen zwar ein hoher Stellenwert in ihrer Lebenswelt beigemessen, jedoch folgt diesem ausgeprägten Problembewusstsein kaum entsprechendes gesellschaftliches oder politisches Engagement, da den Jugendlichen meist keine Möglichkeit einer für sie als wirksam erachteten Partizipation bekannt ist. Das Service-Learning Projekt soll durch chemische Inhalte exemplarisch Möglichkeiten der Partizipation eröffnen. Inwiefern „Verlust von Phosphor“ im umweltanalytischen Setting dafür ein geeignetes Thema darstellt, soll im Rahmen einer Begleitstudie untersucht werden.

Als Evaluationsgrundlage werden in erster Linie begleitende Reflexionsprozesse herangezogen, welche als Qualitätskriterium einen zentralen Bestandteil des Projektes bilden. Dazu führen die SchülerInnen in jeder Phase des Projektes Reflexionstagebücher, in denen sie die Situation, Gedanken, Gefühle und Handlungsoptionen anhand eines an den Reflexionszirkel nach Reinders und Hillesheim (2015) angelehnten offenen Fragebogens dokumentieren, der zur Projektevaluation mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet wird. Zudem soll die Motivation der SchülerInnen hinsichtlich gesellschaftlichen und politischen Engagements sowie das situative Interesse am Thema mit ergänzenden, leitfadengestützten Interviews im Pre-Post-Design erfasst werden.

Mit diesem Vorgehen soll also die These untersucht werden, dass Service-Learning zur Planetarischen Leitplanke „Verlust von Phosphor“ ein Potenzial bietet, über chemische Inhalte einen Zugang zu einem relevanten, gesamtgesellschaftlichen Problem zu schaffen und damit das politische und demokratische Bewusstsein der Lernenden zu stärken.

### Literatur

- BMU (2018). Zukunft? Jugend fragen! Nachhaltigkeit, Politik, Engagement –eine Studie zu Einstellungen und Alltag junger Menschen. Rostock
- BGR (2013): Phosphat. Mineralischer Rohstoff und unverzichtbarer Nährstoff für die Ernährungssicherheit weltweit. Bonn, online verfügbar unter: [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Zusammenarbeit/Techn\\_Zusammenarbeit/Politikberatung\\_SV\\_MER/Downloads/phosphat.html](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Zusammenarbeit/Techn_Zusammenarbeit/Politikberatung_SV_MER/Downloads/phosphat.html)
- Cordell, D., Drangert, J.-O., & White, S. (2009). The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, 19 (2), 292-305
- Furco, A. (2002). Is Service-learning really better than community service? A study of high school service program outcomes. In A. Furco & S. H. Billig (Hrsg.), *Service-learning: The essence of the pedagogy*. Greenwich: CT Information Age Publishing, 23-50
- Reinders, H., & Hillesheim, S. (2015). *Service Learning und akademische Entwicklung bei Studierenden. Abschlussbericht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft. Schriftenreihe Empirische Bildungsforschung*. Würzburg: Universität Würzburg
- Seifert, A., Zentner, D. & Nagy, F. (2012). *Praxisbuch Service-Learning. „Lernen durch Engagement“ an Schulen*. Weinheim: Beltz.
- Seifert, A. & Zentner, S. (2010). *Service-Learning – Lernen durch Engagement: Methode, Qualität, Beispiele und ausgewählte Schwerpunkte. Eine Publikation des Netzwerks Lernen durch Engagement*. Weinheim: Freudenberg Stiftung.
- Sjöström, J., Rauch, F. & Eilks, I. (2015). Chemistry Education for Sustainability. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Relevant Chemistry Education. From Theory to Practice*. Rotterdam: Sense Publishers, 163-187
- Steffen, W., Richardson, K.; Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B. & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*. 347 (6223).  
Online verfügbar unter: <http://science.sciencemag.org/content/sci/347/6223/1259855.full.pdf> (3.10.2018)
- Vereinte Nationen (2015) (Hrsg.). *Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 25. September 2015*.
- WBGU (2014). *Zivilisatorischer Fortschritt innerhalb planetarischer Leitplanken: Ein Beitrag zur SDG-Debatte. Politikpapier 8*. Berlin  
Online verfügbar unter: <http://www.wbgu.de/pp8/> (5.9.2018)
- WBGU (2011). *Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Zusammenfassung für Entscheidungsträger. Ein Beitrag zur Rio+20-Konferenz 2012*. Berlin

### Experimente zur Brennstoffzelle als zentrales Thema nachhaltiger Entwicklung

**Brennstoffzellen im aktuellen Nachhaltigkeitsdiskurs** Im Zuge der angestrebten Energiewende von fossilen zu regenerativen Energieträgern und -wandlern gewinnen Brennstoffzellensysteme zunehmend an Bedeutung, sodass sie unmittelbar mit dem Begriff der Nachhaltigen Entwicklung verknüpft sind (Töpler und Lehmann 2017). Dieser Befund spiegelt sich darin wieder, dass bundesweit im Lehrplan für das Fach Chemie in der gymnasialen Oberstufe die Thematisierung von Brennstoffzellen und zumeist eine Bewertung unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit vorgesehen ist, z.B. (Ministerium für Jugend, Kultus und Sport Baden-Württemberg, 2016).

**Der Begriff Brennstoffzelle** Chemische Energiewandler, die einen Brennstoff direkt in elektrische Energie überführen, werden als *Brennstoffzellen* bezeichnet. Sie arbeiten unter kontinuierlicher Zufuhr von Brennstoffen und Ableitung von Reaktionsprodukten. Der Brennstoff wirkt an der Anode als Reduktionsmittel, die freigesetzten Elektronen werden in einen externen Stromkreis eingespeist, bevor sie an der Kathode schließlich die Reduktion eines Oxidationsmittels bewirken. Da sich grundsätzlich jede Reaktion mit ausreichend negativer freier Enthalpie zum Einsatz in Brennstoffzellensystemen eignet, koexistiert eine Vielzahl verschiedener Systeme, wie in Abbildung 1 angedeutet.

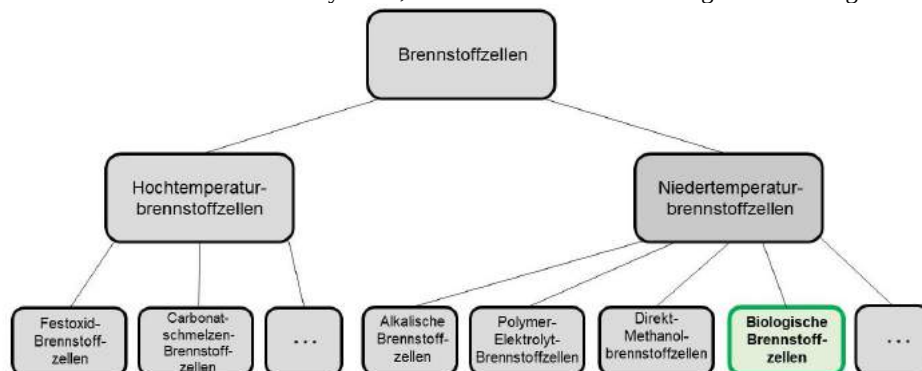


Abb. 1: Reduzierte Übersicht über die Einteilung von Brennstoffzellen. Eigene Darstellung.

Man unterscheidet nach Betriebstemperatur zwischen Niedertemperatur- und Hochtemperatursystemen (Töpler und Lehmann 2017). Im schulischen Kontext bieten sich Niedertemperatursysteme wegen der besseren Handhabbarkeit und geringeren Gefährdung an, wobei nachfolgend aufgrund ihrer wachsenden Bedeutung in Forschung und Technik (Santoro et al. 2017) bei gleichzeitiger relativer Unbekanntheit mikrobielle Brennstoffzellen als Vertreter der biologischen Brennstoffzellen vorgestellt werden.

**Mikrobielle Brennstoffzellen (kurz: MFC)** Gemeinsam mit den enzymatischen werden auch die mikrobiellen Brennstoffzellen zu den biologischen Brennstoffzellen gezählt. In diesen Systemen werden organische Substrate mithilfe von Biokatalysatoren an der Anode oxidiert. An der Kathode wird ein Oxidationsmittel reduziert. Durch den Elektronenfluss im



externen Stromkreis kann ein Verbraucher betrieben werden, vgl. Abbildung 2. Da viele Enzym- und Mikroorganismus-Substrat-Kombinationen möglich und die Stoffwechselprozesse zum größten Teil nicht eindeutig aufgeklärt sind, lassen sich keine allgemeingültigen Reaktionsgleichungen formulieren. MFC finden bislang in der Wasseraufbereitung, der Energieversorgung kleiner technischer Geräte und der Sensorik Anwendung (Davis und Higson 2007). Die Verwendung als Implantat im menschlichen Körper, etwa zur Energieversorgung von Herzschrittmachern durch Verstoffwechselung des Blutzuckers ist Gegenstand aktueller Forschung (Santoro et al. 2017). Zur didaktischen und experimentellen Erschließung biologischer Brennstoffzellen bieten sich mikrobielle statt enzymatischer Systeme an. Durch Mikroorganismen können oft verschiedene Substrate umgesetzt werden, wogegen Enzyme substratspezifisch sind (Davis und Higson 2007).

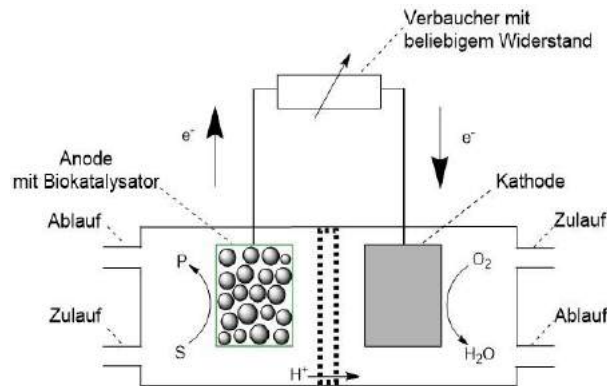


Abb. 2: Schematische Darstellung des Aufbaus biologischer Brennstoffzellen. S für Substrat und P für Produkt. Eigene Darstellung.

**Bäckerhefe als schulgeeigneter Mikroorganismus** Die Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae* als etabliertes Produkt aus der Lebenswelt der Schüler\*innen eignet sich sehr gut für die Verwendung in Schulversuchen: Bäckerhefe kann kostengünstig in lokalen Supermärkten erworben werden, der Umgang damit erfordert keinerlei besondere Schutzmaßnahmen und die Entsorgung erfolgt über den Abfluss. Als Trockenhefe ist sie gut zu bevorraten und weist eine zuverlässige Stoffwechselaktivität auf (Völker und Mösche 2012). Bei der Oxidation von Substraten freiwerdende Elektronen können auf Elektroden übertragen werden, weswegen sich die Bäckerhefe grundsätzlich zum Einsatz in mikrobiellen Brennstoffzellen eignet. Bäckerhefe kann verschiedene Zucker, wie etwa Glucose, Fructose, Mannose, Saccharose und Galactose verstoffwechseln (Walker 2009).

**Innovative schulgeeignete Experimente zur mikrobiellen Brennstoffzelle** Es liegen mehrere Vorschläge für schulgeeignete mikrobielle Brennstoffzellen vor (Bennetto 1990; Orth und Wenck 2001; Silveira et al. 2016). Eine auf die wesentlichen Komponenten fokussierte Version von Hefe-Glucose-Brennstoffzellen als Vertreter der MFC wird derzeit in verschiedenen Geometrien an der Universität Tübingen beziehungsweise Universität Wuppertal entwickelt (Zückert und Bohrmann-Linde 2018). Anhand dieser Aufbauten kann die grundlegende Funktionsweise von MFC experimentell von Schüler\*innen erschlossen werden.

**Aufbau der schulgeeigneten Experimente zur Hefe-Brennstoffzelle** Die Aufbauten verschiedener Zellgeometrien sind in Abbildung 3 ersichtlich. Im Zwei-Topf-Aufbau enthalten beide Bechergläser eine Glucose-Lösung. Im Anodenraum liegt zusätzlich Bäckerhefe vor. Als Elektrolytbrücke kann gerolltes Toilettenpapier genutzt werden, Eisennägel oder Eisenbleche dienen als Elektroden. Ein Ein-Topf-Aufbau kann mit analogen Lösungen bzw. Suspensionen und Elektroden realisiert werden. Um die Reaktionsräume

voneinander zu trennen, wird eine Soxhlet-Hülse oder Eierkarton-Mulde als Fassung der Anoden-Halbzelle genutzt. Der Kompakt-Aufbau wird derzeit optimiert. Bislang enthält die Anodenhalbzelle eine Paste aus Frischhefe und Glucose in einem Filterpapier, ein Eisenblech die Anode. Aufgrund seiner guten Luftdurchlässigkeit wird ein Edelstahl-Spülschwamm als Kathode verwendet.



Abb. 3: Einfache Hefe-Brennstoffzellen verschiedener Geometrien. Eigene Darstellung.

**Experimentelle Befunde** Durch

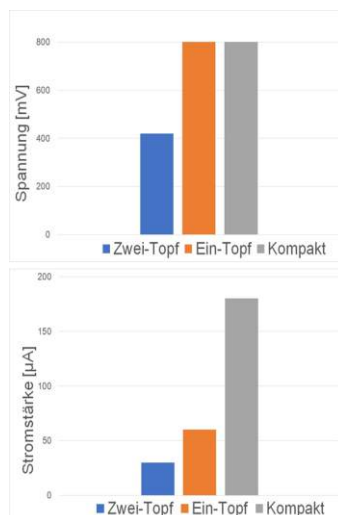


Abb. 4: Kenndaten versch. Geometrien. Eigene Darstellung.

die Stoffwechselaktivität der Hefe entsteht eine Potentialdifferenz, eine Spannung ist messbar. Vom Zwei-Topf- über den Ein-Topf- zum Kompakt-Aufbau wird die Zelleistung gesteigert, wie aus Abbildung 4 hervorgeht. Die Daten wurden unter Einsatz von Glucose als Substrat generiert. Jede der vorgestellten Zellgeometrien kann mit verschiedenen Zucker-Substraten, etwa Glucose, Fructose und Saccharose betrieben werden. Beim Einsatz des Disaccharids Saccharose diese von der Bäckerhefe in einem zusätzlichen Stoffwechselschritt zu den Monosacchariden Glucose und Fructose umgesetzt. Glucose wird gegenüber Fructose bevorzugt verstoffwechselt. Solange noch Glucose vorhanden ist, wird Fructose nicht umgesetzt. Mit Glucose als Substrat wird im Zwei-Topf-Aufbau eine Spannung von etwa 400 mV und im Ein-Topf-Aufbau von 800 mV erreicht. Nach längerer Laufzeit fällt die Spannung ab. Grund dafür ist neben der sinkenden Substrat-Konzentration auch der sich verändernde pH-Wert der Suspension weg vom physiologischen Optimum der Hefe. Da sich der pH-Wert binnen einer Schulstunde um weniger als eine pH-Einheit ändert, wird in diesen Aufbauten zugunsten der Einfachheit auf den Einsatz von Puffern verzichtet.

Zudem findet aus selbigem Grund keine kontinuierliche Zufuhr von Brennstoffen und Ableitung von Produkten statt.

**Ausblick** Die vorgestellten Experimente werden im Rahmen eines Dissertationsprojektes gemeinsam mit Experimenten zu anderen Brennstoffzelltypen konzeptionell aufbereitet. Dabei entstehen interdisziplinäre Lehr-Lerneinheiten, die in Print- und digitaler Form zum Einsatz in Schülerlaboren und Lehrerfortbildungen aufbereitet werden.

### Literatur

- Bennetto, H. P. (1990): Electricity generation by microorganisms. In: *Biotechnology Education* 1 (4), S. 163–168.
- Davis, Frank; Higson, Seamus P. J. (2007): Biofuel cells--recent advances and applications. In: *Biosensors & bioelectronics* 22 (7), S. 1224–1235.
- Ministerium für Jugend, Kultus und Sport Baden-Württemberg (2016): Bildungsplan des Gymnasiums - Chemie.
- Orth, Jean Marc; Wenck, Helmut (2001): Biochemische Brennstoffzellen im schulchemischen Experiment. In: *CHEMKON* 8 (3), S. 138–142.
- Santoro, Carlo; Arbizzani, Catia; Erable, Benjamin; Ieropoulos, Ioannis (2017): Microbial fuel cells. From fundamentals to applications. A review. In: *Journal of Power Sources* 356, S. 225–244.
- Silveira, Gustavo; Ikegaki, Masaharu; Schneedorf, José Mauricio (2016): A low-cost yeast-based biofuel cell. An educational green approach. In: *Green Chemistry Letters and Reviews* 10 (1), S. 32–41.
- Töpler, Johannes; Lehmann, Jochen (Hg.) (2017): Wasserstoff und Brennstoffzelle. Technologien und Marktperspektiven. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Völker, Lothar; Mösche, Marek (2012): Backhefe – natürlich rein. Informationen aus dem Wissensforum Backwaren. 1. Aufl. Berlin, Wien (30).
- Walker, Graeme M. (2009): Yeasts. In: In M. Schaechter (Ed.), *Desk encyclopedia of microbiology*, S. 1174–1187.
- Zückert, Rebecca; Bohrmann-Linde, Claudia (2018): Die Biologische Brennstoffzelle im Chemieunterricht – einfache Experimente mit kostengünstigen Materialien. In: *CHEMKON* (zur Publikation angenommen).

Dominique Berger  
Karsten Rincke

Universität Regensburg  
Universität Regensburg

## Bildung für nachhaltige Entwicklung kooperativ gestalten

Das Forschungsvorhaben beschäftigt sich mit der Weiterbildung von Gymnasiallehrkräften im Bereich *Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)*. Vorgesehen ist die Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung fachdidaktischer Kompetenzen zur Gestaltung von BNE-Unterricht. Dabei soll untersucht werden, welchen Einfluss eine disziplinäre oder interdisziplinäre Kooperation der Lehrkräfte auf die Wirksamkeit der Fortbildungsmaßnahme nimmt.

### Was zeichnet BNE aus?

Der Auftrag in Deutschland das Programm einer *Bildung für nachhaltige Entwicklung* umzusetzen, resultiert aus internationalen Abkommen, die im Rahmen der *Agenda 21* eingegangen wurden.<sup>1</sup> BNE wird hier als pädagogischer Beitrag zur Bewältigung umfassender Problemlagen verstanden, die die Weltgesellschaft in ihrer Gesamtheit betreffen (de Haan, 2001). Das Bildungskonzept soll Menschen befähigen, im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung<sup>2</sup> denken und handeln zu können, sowie Wissen, Erfahrungen und Methoden zur Verfügung stellen, die notwendig sind, um sich mit komplexen Themen von Gegenwart und Zukunft auseinanderzusetzen (UNESCO, 2016). So fragt BNE z.B. danach, welche lokalen und globalen Auswirkungen es hat, wie wir uns fortbewegen, wie unsere täglichen Entscheidungen Menschen künftiger Generationen beeinflussen oder warum es einen Zusammenhang zwischen unserem Konsumverhalten und aktuellen Umweltveränderungen gibt. BNE liegt der Anspruch zugrunde, Nachhaltigkeitsfragen dieser Art mit einer systemischen Betrachtungsweise<sup>3</sup> zu analysieren und Schülerinnen und Schülern Wege zu zeigen, mit der so entstehenden Komplexität<sup>4</sup> umzugehen. BNE soll jedoch kein neues Fach darstellen, sondern aus allen Fächern heraus umgesetzt werden (Schreiber & Siege, 2016). Es wird angestrebt, im Unterricht disziplinäre und interdisziplinäre Perspektiven auf globale Problemstellungen und ihre regionalen und lokalen Ausprägungen einzunehmen. In dieser multiperspektivischen Herangehensweise sollen Lehrkräfte mit den Lernenden die Bedeutung fachlicher Schwerpunkte für die Bearbeitung von Nachhaltigkeitsfragen erkunden und gleichzeitig ein vertieftes Verständnis des eigenen Fachs erlangen (Stoltenberg et al., 2014).

<sup>1</sup> Die Agenda 21 ist ein offizielles Dokument der Konferenz der Vereinten Nationen zum Thema Umwelt und Entwicklung, die im Juni 1992 in Rio de Janeiro tagte. Die Agenda 21 wurde von 180 Staaten unterzeichnet und bietet einen Orientierungsrahmen für politisches, wirtschaftliches und soziales Handeln. Die Unterzeichnerstaaten haben sich verpflichtet, ihr politisches Handeln zukünftig am Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung auszurichten.

<sup>2</sup> Die Leitvorstellung einer nachhaltigen Entwicklung zielt darauf ab, die sozioökonomische Entwicklung so zu gestalten, dass sie den Lebensbedürfnissen der Menschen in anderen Regionen der Welt nicht zuwiderläuft. Darüber hinaus soll diese Entwicklung den zukünftigen Generationen ausreichende Gestaltungsspielräume gewähren, indem die Grenzen der Belastbarkeit der natürlichen Umwelt beachtet werden (Haan, 2001, S. 58).

<sup>3</sup> Rieß und seine Arbeitsgruppe (2013, S. 59, 61) definieren systemisches Denken als die Fähigkeit, Wirklichkeitsbereiche als Systeme erkennen, beschreiben und möglichst auch modellieren zu können. Dabei wird mit dem Begriff *System* ganz grundsätzlich ein Komplex bezeichnet, dessen Elemente in stetiger Wechselwirkung stehen und durch deren Beziehungen besondere Eigenschaften entstehen (beispielsweise sind lebende Systeme autopoietisch, besitzen dissipative Strukturen und zeigen Emergenz).

<sup>4</sup> Die Komplexität von Systemen beruht auf den stark ausgeprägten Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Elementen und deren Integration in immer größere Gesamtsysteme. Aufgrund der vielen Einflussgrößen und Wechselwirkungen, der Nichtlinearität sowie der meist vorhandenen sehr starken Abhängigkeit von Anfangs- und Randbedingungen sind komplexe Systeme i.d.R. nicht exakt berechenbar und zeigen stochastische Züge (Rieß, Schuster et al., 2015, S.17).

### **BNE-Kompetenzmodelle für die Lehrerbildung**

Die BNE-Forschung hat sich in den letzten Jahren v.a. um die Erarbeitung verschiedener BNE-Kompetenzkataloge bemüht. Anknüpfend an allgemeine Kompetenzmodelle, wie das von de Haan und Harenberg (1999) entwickelte Modell der *Gestaltungskompetenz* oder den *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung* (Schreiber & Siege, 2016), wurden BNE-Kompetenzmodelle speziell für die Lehrerbildung aufgestellt. Zu nennen sind hier z.B. das CSCT-Modell (Sleurs, 2008), das KOM-BINE-Modell (Rauch et al., 2008) und das UNECE-Modell (UNECE, 2013). In diesen wird beschrieben, welche Kompetenzen Lehrkräfte ausbilden sollen, um BNE-Unterricht planen und umsetzen zu können. Dort genannte Kompetenzbereiche, sind u.a. die Auseinandersetzung mit der Idee und Aufgabe einer Nachhaltigen Entwicklung, das Wissen um verschiedene Nachhaltigkeitsperspektiven sowie die Gestaltung von Lerngelegenheiten, die Partizipation und systemisches Denken ermöglichen.

### **Welche Rolle spielt Lehrerk Kooperation bei BNE?**

In den obigen Kompetenzmodellen wird außerdem der Kooperation<sup>5</sup> von Lehrkräften große Bedeutung beigemessen. Es wird argumentiert, dass die Mehrdimensionalität von Nachhaltigkeitsthemen nicht mehr aus einem Fach heraus erfasst werden könne, da die verknüpfte Betrachtung der Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft eine fächerübergreifende Herangehensweise erfordere (Rieß, 2013). Auch geben empirische Ergebnisse Hinweise auf positive Einflüsse von Lehrerk Kooperation bzgl. Schuleffektivität, Schulentwicklung, Professionalisierung, Entlastung und Burnout-Prävention (Aldorf, 2015, Lomos, 2012, Huber, 2012). Zugleich belegen Studien, dass es in der Praxis nur selten zu intensiver Zusammenarbeit zwischen Lehrpersonen kommt (Bondorf, 2012; Pröbstel 2012). So stellten Richter und Pant (2016) fest, dass sich die Kooperation oft auf den Austausch von Materialien, Meinungen und Informationen beschränkt und zeitintensivere Formen der Kooperation, wie die gemeinsame Entwicklung und Durchführung von Unterricht (= Kokonstruktion), kaum stattfinden. Als Gründe für den Mangel an Kooperation werden neben strukturell-organisatorischen Hindernissen, Gruppendynamische Prozesse und der autonomische Charakter des Lehrberufs aufgeführt (Moegling, 2010, Terhart, 2006, Soltau, 2012). Bisher ist ungeklärt, wie sich die Diskrepanz zwischen den positiv belegten Merkmalen von Lehrerk Kooperation mit der wenig praktizierten Zusammenarbeit auflösen lässt. Gräsel et al. (2004) betonen, dass in der Forschung zwar übereinstimmend die Relevanz von Kooperationsanregungen in Kollegien betont werde, zugleich aber kaum gesichertes Wissen darüber vorliege, welche Interventionsmöglichkeiten Erfolg versprechend seien, um einen produktiven Austausch an Schulen zu initiieren.

### **Erkenntnisinteresse und Forschungsfragen**

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es sinnvoll erscheint, wenn Lehrkräfte verstärkt kooperieren, um den Anforderungen, komplexe Nachhaltigkeitsthemen multiperspektivisch und systemisch zu betrachten, gerecht zu werden. In Übereinstimmung mit den empirischen Befunden zur positiven Wirkung von Lehrerk Kooperation bzgl. Entlastung, Unterrichtsqualität und der Wirksamkeit von Professionalisierungsmaßnahmen soll deshalb im Rahmen des hier vorgestellten Projektes eine kooperationsfördernde BNE-Lehrerfortbildung entwickelt und evaluiert werden. Die Fortbildung wird einmal mit einer Physiklehrkräftegruppe und

<sup>5</sup> Kooperation wird hier in Anlehnung an Ahlgrim et al. (2012) als die freiwillige gemeinschaftliche Bündelung von individuellen Erfahrungen, Wissen und Verantwortlichkeiten und Gruppenaktivitäten auf ein gemeinsames Ziel hin verstanden. Hinzu kommt, dass Kooperation neben dem Kernelement des gemeinsamen Ziels bzw. Auftrags immer intentional und planvoll stattfindet. Bei Lehrerk Kooperation geht es demnach um die Bündelung der individuellen Kompetenzen der Lehrkräfte mit dem Ziel, gemeinsam qualitätsvollen Unterricht zu gestalten.

einmal mit einer interdisziplinären Gruppe (Naturwissenschafts-, Sozialkunde-, Ethik-, Religions-, Sprach- und Wirtschaftslehrkräfte) durchgeführt. Das Erkenntnisinteresse liegt in der Frage, welchen Einfluss die jeweilige Fächerzusammensetzung der Teilnehmer auf die Zusammenarbeit bei der gemeinsamen Planung und Reflexion von BNE-Unterricht nimmt. Hierfür werden die zwei Wirksamkeitsebenen<sup>6</sup> (Aldorf, 2015) *Akzeptanz* und *Erweiterung der Kognitionen* von Lehrkräften mit folgenden Forschungsfragen untersucht:

- **FF1:** Welche Akzeptanz äußern die Teilnehmer bzgl. der Fortbildungsveranstaltungen hinsichtlich a) deren inhaltlicher Gestaltung und b) deren Bezug zur Unterrichtspraxis?
- **FF2:** Wie verändert sich die fachdidaktische Kompetenz der Fortbildungsteilnehmer, Unterricht zur Förderung der BNE-Kompetenzen Erkennen, Bewerten und Handeln zu planen, wenn dieser in Kokonstruktion in einer disziplinären oder interdisziplinären Gruppe entwickelt wird?
- **FF3:** Wie wird der Kooperationsprozess von den teilnehmenden Lehrkräften wahrgenommen?

### Studiendesign

Auf Grundlage der empirisch belegten Wirksamkeitskriterien von Lehrerfortbildungen (Lipowsky, 2014) ist eine dreiteilige Fortbildungsreihe geplant, die sich über einen viermonatigen Zeitraum innerhalb eines Schulhalbjahres erstreckt. Die Struktur der Fortbildung ist durch einen Wechsel von Input-, Erprobungs- und Reflexionsphasen geprägt. Um die Bedingungen für gelingende Kooperation zu fördern, sind neben fachlich-didaktischen Arbeitsphasen zur Auseinandersetzung mit dem BNE-Bildungskonzept wiederholte Phasen zur Teamentwicklung vorgesehen. Beide Teilnehmergruppen entwickeln begleitend in einem dreistufigen Prozess eine BNE-Unterrichtsplanung zum exemplarischen Nachhaltigkeitskontext „Online-Shopping“, die anschließend im jeweils eigenen Fach erprobt wird.<sup>7</sup> Dabei wird angenommen, dass die unterschiedlichen Fächerzusammensetzungen beider Gruppen jeweils andere Qualitäten für die Wirksamkeit der Fortbildung aufweisen. So lässt sich vermuten, dass es der interdisziplinären Gruppe eher gelingt, die in Nachhaltigkeitskontexten geforderte Multiperspektivität abzubilden, wohingegen die disziplinäre Gruppe aufgrund der gleichen Fachsozialisation möglicherweise eine kohärentere Zusammenarbeit in Bezug auf die Unterrichtsplanung zeigt.

Anhand einer Dokumentenanalyse der erarbeiteten BNE-Unterrichtsentwürfe soll der Einfluss der Fächerzusammensetzung auf die Kokonstruktionsphasen und die daraus entstehende Unterrichtsplanung beschrieben und damit die Umsetzung der Fortbildungsinhalte untersucht werden. Zusätzlich wird in qualitativen Leitfadeninterviews die Wahrnehmung des Kooperationsprozesses während der Fortbildung erfasst. In Fragebögen vor und nach der Fortbildung wird darüber hinaus die Einschätzung der Lehrkräfte bzgl. der Erweiterung ihrer BNE-Kompetenzen und ihre Einstellungen und Erfahrungen zu kollegialer Kooperation erhoben.

Ziel ist es aus den gewonnenen Ergebnissen, Hypothesen für effektive BNE-Lehrerfortbildungen zu generieren und somit einen Beitrag zur strukturellen Verankerung von BNE in der Lehrerbildung zu leisten.

<sup>6</sup> Erhebungen zur dritten (Veränderung des Unterrichtshandelns) und vierten Ebene (Wirkungen auf Schüler-ebene) können aus forschungsökonomischen Gründen nicht einbezogen werden, da diese personellen Ressourcen des Projektes übersteigen (notwendig wären hier u. a. dokumentierte Unterrichtsbeobachtungen und gezielte Schülerbefragungen und Leistungsüberprüfungen).

<sup>7</sup> Die Teilnehmer entwerfen eine erste Unterrichtsplanung im Vorfeld der Fortbildung, die dann in den folgenden zwei Fortbildungsblocken in Ko-Konstruktion gemeinsam weiterentwickelt wird.

## Literatur

- Ahlgrimm, F., Krey, J. & Huber, S. G. (2012). Kooperation - was ist das? Implikationen unterschiedlicher Begriffsverständnisse. In S. G. Huber & F. Ahlgrimm (Hrsg.), *Kooperation* (S. 17–30). Münster: Waxmann
- Aldorf, A.-M. (2015). *Lehrerkooperation und die Effektivität von Lehrerfortbildung* (Dissertation). Wiesbaden: Springer VS
- Baum, E. e. a. (Hrsg.). (2012). *Kollegialität und Kooperation in der Schule: Theoretische Konzepte und empirische Befunde* (Bd. 51). Wiesbaden: Springer VS
- Bondorf, N. (2012). Jahrgangsstufenteams als Schicksalsgemeinschaften: Ein Fallbeispiel zu Potenzialen und Grenzen verordneter Kooperation. In E. e. a. Baum (Hrsg.), *Kollegialität und Kooperation in der Schule*. Wiesbaden: Springer VS, 105–114
- Deutsche UNESCO-Kommission e. V. (2016). *Bildung 2030: Incheon-Erklärung und Aktionsrahmen: Inklusive und chancengerechte hochwertige Bildung sowie lebenslanges Lernen für alle. EDUCATION 2030*. Bonn
- Gräsel, C., Parchmann, I., Puhl, T., Baer, A., Fey, A. & Demuth, R. (2004). Lehrerfortbildungen und ihre Wirkungen auf die Zusammenarbeit von Lehrkräften und die Unterrichtsqualität. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule*, Münster / New York and München / Berlin: Waxmann, 133–151
- Haan, G. d. & Harenberg, D. (1999). *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung: Gutachten zum Programm* (Bd. 72). Bonn: Bund-Länder-Komm. für Bildungsplanung und Forschungsförderung Geschäftsstelle
- Haan, G. d. & Seitz, K. (2001). Kriterien für die Umsetzung eines internationalen Bildungsauftrages: Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (Teil 1 und 2). Zeitschrift "21 - Das Leben gestalten lernen", 01/2001 (01/2001), 58–66
- Huber, S. G. & Ahlgrimm, F. (Hrsg.). (2012). *Kooperation: Aktuelle Forschung zur Kooperation in und zwischen Schulen sowie mit anderen Partnern*. Münster: Waxmann
- Lipowsky, F. (2014). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -Weiterbildung. In E. Terhart (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*. Münster and New York: Waxmann, 511–541
- Lomos, C., Hofman, R. H. & Bosker, R. J. (2012). The concept of professional community and its relationship with student performance. In S. G. Huber & F. Ahlgrimm (Hrsg.), *Kooperation*. Münster: Waxmann, 51–68
- Moegling, K. (2010). *Kompetenzaufbau im fächerübergreifenden Unterricht: Förderung vernetzten Denkens und komplexen Handelns; didaktische Grundlagen, Modelle und Unterrichtsbeispiele für die Sekundarstufen I und II; [Material-CD inklusive]* (Bd. 2). Immenhausen bei Kassel: Prolog-Verlag
- Pröbstel, C. H. & Soltau, A. (2012). Wieso Lehrkräfte (nicht) kooperieren: Die Bedeutung von "personalen Faktoren" in der Zusammenarbeit am Arbeitsplatz Schule. In E. e. a. Baum (Hrsg.), *Kollegialität und Kooperation in der Schule*. Wiesbaden: Springer VS, 55–75
- Rauch, F., Streissler, A. & Steiner, R. (Hrsg.). (2008). *Kompetenzen für Bildung für nachhaltige Entwicklung (KOM-BINE): Konzepte und Anregungen für die Praxis*. Wien
- Richter, D. & Pant, H. A. (2016). *Lehrerkooperation in Deutschland: Eine Studie zu kooperativen Arbeitsbeziehungen bei Lehrkräften der Sekundarstufe I*. Gütersloh / Stuttgart / Essen und Bonn
- Rieß, W. (2013). Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Förderung des systemischen Denkens. *AnliegenNatur* (35), 55–64
- Rieß, W., Schuler, S. & Hörsch, C. (2015). Wie lässt sich systemisches Denken vermitteln und fördern? Theoretische Grundlagen und praktische Umsetzung am Beispiel eines Seminars für Lehramtsstudierende. *Geographie aktuell & Schule*, 37 (215), 16–29.
- Schreiber, J.-R. & Siege, H. (Hrsg.). (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung: Ein Beitrag zum Weltaktionsprogramm "Bildung für nachhaltige Entwicklung": Ergebnis des gemeinsamen Projekts der Kultusministerkonferenz (KMK) und des Bundesministeriums für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ), 2004-2015, Bonn (2. aktualisierte und erweiterte Auflage Aufl.)*. Berlin: Cornelsen
- Sleurs, W. e. a. (Hrsg.). (2008). *Competencies for ESD (Education for Sustainable Development) teachers: A framework to integrate ESD in the curriculum of teacher training institutes*. Brussels
- Soltau, A. (2012). *Isolation aus Unsicherheit? Berufliche Unsicherheit bei Lehrkräften und deren Zusammenhang zur Lehrerkooperation*. Bremen: Staats- und Universitätsbibliothek Bremen
- Stoltenberg, U. e. a. (2014). *Lehrerinnenbildung für eine nachhaltige Entwicklung– von Modellprojekten und Initiativen zu neuen Strukturen: Ein Memorandum zur Neuorientierung von LehrerInnenbildung in Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Leuphana Universität Lüneburg
- Terhart, E. & Klieme, E. (2006). *Kooperation im Lehrerberuf: Forschungsproblem und Gestaltungsaufgabe. Zur Einführung in den Thementeil*. Zeitschrift für Pädagogik, 52 (2), 1–7
- UNECE. (2013). *Empowering educators for a sustainable future: Tools for policy and practice workshops on competences in education for sustainable development*. Geneva

Brauns, Sarah<sup>1</sup>  
 Egger, Daniela<sup>1</sup>  
 Abels, Simone<sup>1</sup>  
 Barth, Matthias<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Leuphana Universität Lüneburg

## **Naturwissenschaftlichen Unterricht inklusiv gestalten (Nawi-In) Ein Vergleich der Primar- und Sekundarstufe I**

Die Umsetzung von Inklusion wird seit der Ratifizierung der Behindertenrechtskonvention durch die UN gesellschaftlich und institutionell gefordert (UNESCO, 2009). In Folge dessen sind die Universitäten in der Aus- und Fortbildung von (angehenden) Lehrkräften aufgefordert, an diesem Prozess aktiv und gestalterisch tätig zu sein: „Programme zur Ausbildung von Lehrkräften (sowohl innerhalb der Ausbildung als auch berufsbegleitend) sollten neu konzipiert und in Einklang mit inklusiven Ansätzen gebracht werden.“ (UNESCO 2014, S. 24).

Das Projekt Nawi-In (Naturwissenschaftlichen Unterricht inklusiv gestalten) fokussiert sich auf die Gestaltung der Lehramtsausbildung im Bereich der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik. Dabei wird der Frage nachgegangen, welche Facetten einen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht darstellen, um auf dieser Grundlage die professionelle Kompetenzentwicklung der Studierenden zu analysieren. Zudem wird analysiert, wie sich Lehr-Lernformate im Sinne des Forschenden Lernens entlang von BNE Kontexten für die Umsetzung inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts in den jeweiligen Schulstufen eignen. Insgesamt werden Lehramtsstudierende des naturwissenschaftlichen Unterrichts der Primar- und Sekundarstufe I betrachtet. Ein besonderer Teil der Begleitforschung wird durch den Vergleich der Kompetenzentwicklung der Studierenden beider Schulstufen abgedeckt. Durch die zunehmende Komplexität der naturwissenschaftlichen Unterrichtsinhalte von der Primar- zu der Sekundarstufe I wird davon ausgegangen, dass mit höheren fachlichen Ansprüchen in der Sekundarstufe I die exklusiven Momente im Vergleich zu der Primarstufe zunehmen respektive das Gelingen eines inklusiven Naturwissenschaftsunterrichts erschwert wird.

### **Vergleich der Kompetenzentwicklung der Primar- und Sekundarstufe I**

Einen inklusiven Fachunterricht zu gestalten, stellt bereits den Alltag einiger Regelschullehrkräfte dar und dennoch ist dieser immer noch zu wenig Gegenstand in der Lehramtsausbildung und Forschung (Menthe & Hoffmann, 2015).

Sowohl Fachlehrkräfte der Primar-, als auch der Sekundarstufe I stehen vor der Herausforderung, heterogenen Lerngruppen gerecht zu werden (Rott & Marohn, 2016). Im Bereich der fachdidaktischen Inklusionsforschung gilt es noch einige Lücken zu schließen (Menthe & Hoffmann, 2015). Dazu gehört neben der Gewinnung aktueller Erkenntnisse durch die Forschung, die Weiterentwicklung der professionellen Kompetenzen von Lehramtsstudierenden sowie Lehrkräften.

Im Bereich Inklusion existieren bereits einige Vergleichsforschungen u.a. zwischen Sonder- und Regelschulpädagogik (vgl. Schildmann, 2015), innerhalb unterschiedlicher Fachdidaktiken (vgl. Milles et al., 2016) und zwischen verschiedener inklusiver Schulsysteme auf internationaler Ebene (vgl. Höttecke, 2007). Der Vergleich von Inklusion zwischen Primar- und Sekundarstufe I stellt jedoch noch ein Forschungsdesiderat dar (Möller, 2014). Es wird vernachlässigt, dass die Primar- und Sekundarstufe I in einem direkten Zusammenhang stehen: Der naturwissenschaftliche Primarunterricht soll auf den späteren naturwissenschaftlichen Fachunterricht vorbereiten (Moormann, 2015), um einen kumulativen Wissensaufbau zu generieren (Wodzinski, 2011). Mit dem Schulübergang



gehen sowohl konzeptionelle Veränderungen als auch eine Zunahme der fachlichen Komplexität einher. In der Primarstufe wird der Unterricht schüler\_innen- sowie alltagsorientierter gestaltet, während er in der Sekundarstufe I eher lehrer\_innenzentriert durchgeführt wird (Möller et al., n.d.). Wie gelingt unter diesen verschiedenen Bedingungen der inklusive naturwissenschaftliche Unterricht? Es soll analysiert werden, welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen der Primar- und Sekundarstufe I herrschen. Dabei kann der schulstufenspezifische Umgang mit Diversität als Impuls zur Verbesserung des inklusiven Unterrichts der jeweiligen anderen Schulstufe gesehen werden.

### Forschungsdesign

Der Vergleich der Lehramtsstudierenden findet auf der gemeinsamen Grundlage eines theoretisch fundierten Analyserasters statt. Dafür werden die Ergebnisse des systematischen Reviews (Fink, 2009) des internationalen Forschungsstands zu inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht und die Ergebnisse aus Expert\_inneninterviews (vgl. Gläser & Laudel, 2010) trianguliert. Ziel ist es, die Indikatoren für einen gelungenen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht zusammenzustellen (Abb. 1).

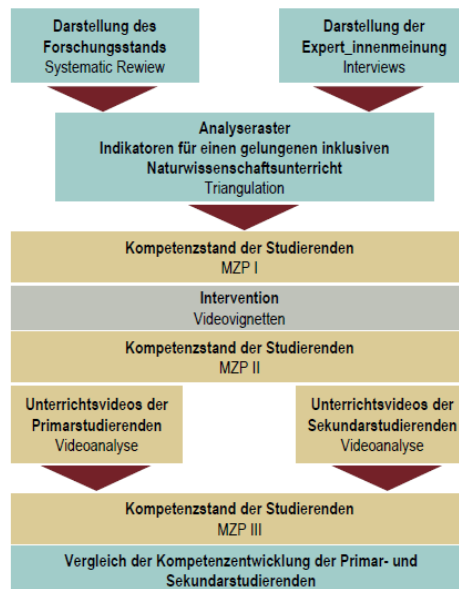


Abb. 1: Forschungsdesign im Projekt Nawi-In

Der Kompetenzstand der Studierenden wird zu drei MZP (Messzeitpunkten) aufgenommen. Dabei wird ein Fragebogen eingesetzt, um Vorerfahrungen, Selbstwirksamkeit und Einstellung der Studierenden zu inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht zu erheben. Außerdem werden mit den Studierenden Interviews geführt, in denen sie eine Videovignette, die die Umsetzung Forschenden Lernens im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht zeigt, in Hinblick auf inklusive Facetten reflektieren.

Zwischen MZP I und MZP II diskutieren die Studierenden in Kleingruppen Fremdvideovignetten, um ihre Reflexionskompetenz weiterzuentwickeln. Bei den Lehrkräften als „reflective practitioner“ stellt diese Kompetenz die Voraussetzung für eine professionelle Wahrnehmung dar (Barth, 2017). Nur wenn (angehende) Lehrkräfte die Möglichkeit zur Aneignung der Reflexionskompetenz bekommen, können sie ihren

Unterricht aktiv hinterfragen und weiterentwickeln (Abels, 2011). Auf diese Weise werden die Studierenden auf die Praxisphase nach MZP II vorbereitet. Die Diskussionen der Studierenden zu den Videovignetten werden audiographiert, um die Ergebnisse daraus später mit in die Analyse der Kompetenzentwicklung der Studierenden einbeziehen zu können.

Zwischen MZP II und MZP III befinden sich die Studierenden in der Praxisphase, in der sie ihren eigenen Unterricht planen, durchführen, reflektieren und überarbeiten sollen. Insgesamt werden die Studierenden in jeweils zwei eignen Unterrichtsstunden gefilmt. Aus diesen Unterrichtsstunden werden ebenfalls wie von den Fremdvideos Videovignetten zusammengeschnitten. In Interviews reflektieren die Studierenden ihre eigenen Vignetten entsprechend der Fragestellungen, die an den drei MZP zu den Fremdvidnetten gestellt werden.

Insgesamt werden die erhobenen Daten qualitativ (vgl. Mayring, 2010) mithilfe des am Anfang erstellten Analyserasters ausgewertet. Während der Analysen wird das Raster durch weitere Indikatoren für einen gelungenen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht induktiv erweitert. Am Ende werden die Ergebnisse der qualitativen Auswertung der Primar- und Sekundarstudierenden miteinander verglichen. Ziel der Forschung ist, spezifisch Unterschiede und Gemeinsamkeiten in der professionellen Kompetenzentwicklung von Studierenden der Primar- und Sekundarstufe I festzustellen sowie Chancen und Herausforderungen, die im naturwissenschaftlichen Primr- und Sekundarunterricht liegen, aufzuzeigen.

### **Ausblick**

Für den Vergleich der Primar- und Sekundarstufe I werden durch die Zunahme der fachlichen Komplexität Unterschiede in der Umsetzung inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts erwartet. In unserer Forschung können sich bereits in den Expert\_inneninterviews durch die Spezialisierung auf Primar- versus Sekundarstufe I unterschiedliche Facetten inklusiven Fachunterrichts abzeichnen. Da in der Literatur der Vergleich der beiden Schulstufen noch ein Desiderat darstellt, wird mit dem systematischen Review gezielt die fachdidaktische Literatur des naturwissenschaftlichen Primar- und Sekundarunterrichts verglichen. In Hinblick auf die Lehramtsstudierenden werden die Ergebnisse zur Selbstwirksamkeit, Einstellung, Reflexionstiefe sowie –breite verglichen, um Unterschiede und Gemeinsamkeiten in der Umsetzung der angeeigneten Kompetenzen für einen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht festzustellen.

## Literatur

- Abels, S. (2011). Lehrerinnen und Lehrer als „Reflektive Practitioner“. Die Bedeutsamkeit von Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Barth, V. L. (2017): Professionelle Wahrnehmung von Störungen im Unterricht. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Fink, A. (2009): Conducting Research Literature Reviews: From the Internet to Paper. Los Angeles, CA: Sage.
- Gläser, J. & Laudel, G. (2010). Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. Als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen (Lehrbuch, 4. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag.
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (11., aktual., überarb. Aufl.). Beltz Pädagogik. Weinheim: Beltz.
- Höttecke, D. (Hg.) (2007): Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Berlin u.a.: Lit (Jahrestagung / Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 2006; Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 27).
- Milles, D., Meseck, U., Wiese, J. (2016): Vergleich und Anstoß. Nonverbale Kommunikation und spielerische Aktivierung von Menschen mit und ohne Behinderung. In: Hebbel-Seeger, A. (Hrsg.); Horky, T. (Hrsg.); Schulke, H.-J. (Hrsg.): Sport als Bühne. Mediatisierung von Sport und Sportgroßveranstaltungen. 15. Hamburger Kongress für Sport, Ökonomie und Medien 2015. Aachen: Meyer & Meyer, S. 184-196.
- Menthe, J., Hoffmann, T. (2015): Inklusiver Chemieunterricht : Chance und Herausforderung. In J. Riegert & O. Musenberg (Eds.), Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe (1. Auflage, pp. 131–164). Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Möller, K. (2014): Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht - Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule. In: Sascha Bernholt (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Kiel: IPN (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 34; Jahrestagung / Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 2013), S. 25–39.
- Möller, K.; Kleickmann, T.; Lange, K. (n.d.): Naturwissenschaftliches Lernen im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe. Online verfügbar unter [https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik\\_des\\_sachunterrichts/dokumente/literaturmoeller/naturwiss.lernen\\_nw\\_u-essen.pdf](https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_des_sachunterrichts/dokumente/literaturmoeller/naturwiss.lernen_nw_u-essen.pdf), zuletzt geprüft am 04.09.2018.
- Moormann, A. (2015): Entwicklung von Schülereinstellungen zu den Fächern Sachunterricht, Naturwissenschaften und Biologie beim Übergang von der Grundschule in die Sekundarstufe I. Berlin: Lebenswissenschaftliche Fakultät.
- Schildmann, Ulrike (2015): Sonderpädagogische und inklusionspädagogische Professionalität - ein kritischer Vergleich. In: Hubertus Redlich, Lea Schäfer, Grit Wachtel, Katja Zehbe und Vera Moser (Hg.): Veränderung und Beständigkeit in Zeiten der Inklusion. Perspektiven sonderpädagogischer Professionalisierung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt (Perspektiven sonderpädagogischer Forschung), S. 18–24.
- Rott, L., Marohn, A. (2016): Inklusiven Unterricht entwickeln und erproben - Eine Verbindung von Theorie und Praxis im Rahmen von Design-Based Research. Zeitschrift Für Inklusion, 4.
- UNESCO. (2009). Inklusion: Leitlinien für die Bildungspolitik. Retrieved from [http://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Bibliothek/inklusion\\_leitlinien.pdf](http://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Bibliothek/inklusion_leitlinien.pdf)
- UNESCO (2014): Leitlinien inklusive Bildung. Deutsche aktualisierte und veränderte Auflage. Paris: Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft und Kultur.
- Wodzinski, R. (2011): Naturwissenschaftliche Fachkonzepte anbahnen - Anschlussfähigkeit verbessern. Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel (Handreichungen des Programms SINUS an Grundschulen).

Anja Kometz<sup>1</sup>  
 Rita Tandetzke<sup>2</sup>  
 Isabell Müller<sup>2</sup>  
 Andreas Kometz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SBS Herzogenaurach-Höchstädt a.d.  
 Aisch  
<sup>2</sup>Universität Erlangen-Nürnberg

## **Inter-NESSI – ein Ansatz für sprachsensiblen Unterricht**

### **Ausgangslage/Adaption auf neue Zielgruppe**

Das Nürnberg-Erlanger-Schülerinnen und Schüler-Labor, kurz NESSI-Lab, ist ein seit 11 Jahren in der Didaktik der Chemie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg angesiedeltes, sehr erfolgreich laufendes Projekt zur naturwissenschaftlichen Grundbildung von jungen Schülerinnen und Schülern. Ursprünglich wurde es konzipiert als außerschulisches Experimentierlabor für Lernende der Jahrgangsstufen 1 bis 6 mit einfachen chemischen Experimenten und leicht verständlichen Anleitungen, die im Labor in betreuten Kleingruppen durchgeführt werden konnten (Kometz & Urbanger, 2009). Das Konzept des NESSI-Labs wurde in der Folge auch auf andere Länder in Kooperationsprojekten übertragen und kontinuierlich konzeptionell erweitert. Beispiele für die Erweiterung sind u.a. NESSI – vor Ort oder die Öffnung des Schülerlabors NESSI-Lab zur Thematik Inklusion (Kometz & Schmitt-Sody, 2011 und Schmitt-Sody & Kometz, 2011)

Aufgrund der großen Zahl an Asylbewerbern und Flüchtlingen an deutschen Schulen wurde eine weitere Überarbeitung und Ausweitung des Konzeptes NESSI-Lab notwendig. Die Zielgruppen sind nicht wie zuvor Schüler und Schülerinnen der Grundschule, sondern die der Übergangsklassen der Mittelschule und die Jugendlichen der Berufsintegrationsklassen an Beruflichen bzw. Berufsschulen in Bayern. Dieses neue Konzept hat zum Ziel, die Asylbewerber und Flüchtlinge in das deutsche Schulsystem zu integrieren, ihre Deutschkenntnisse zu fördern und sie auf einen späteren beruflichen Einsatz im naturwissenschaftlich-technischen Bereich vorzubereiten.

Als Titel dieses neuen Konzepts wurde in Anlehnung an das Hauptprojekt der Begriff Inter-NESSI entwickelt. Die Abkürzung „Inter“ steht dabei als Kürzel für die Integration von jungen Asylbewerbern und Flüchtlingen. Im Zentrum der schon entwickelten und noch folgenden Materialien stehen entsprechend fünf Freunde, zwei Deutsche und drei junge Menschen mit Migrationshintergrund. Auch der Begriff NESSI wurde genutzt, um als Namensgeber für diese fünf Protagonisten zu dienen, sodass die jeweiligen Anfangsbuchstaben ihrer Namen zusammen den Titel des Hauptprojektes als Akronym ergeben.

### **Erstellung neuer Arbeitsmaterialien**

Entsprechend der im vorangegangenen Jahr vorgestellten Zeitplanung konnten beim Projekt Inter-NESSI ausgehend von der Idee nun erste praktische Umsetzungen erfolgen. Dazu zählt u.a. die Erstellung einer Auswahl verschiedener Arbeitsblätter, die v.a. unterschiedliche sprachensible Ausarbeitungen der gleichen Materie bieten sollen. Für die Erstellung dieses Grundstocks an Arbeitsmaterialien gab es mehrere Treffen des Kernteams, zu welchem u.a. auch jeweils eine Lehrkraft im aktiven Dienst aus einer Mittelschule und einer Berufsschule gehören. In diesen Besprechungen wurden schließlich die geeignetsten Versionen der Arbeitsmaterialien ausgewählt, welche eine Vorlage für die weitere Arbeit darstellten. Nach anschließender Überarbeitung gab es eine Vorstellung der bisherigen Arbeitsergebnisse bei Vertretern der Regierung Mittelfranken aus den Bereichen Volksschulen und berufliche Schulen. Dazu wurden neben dem Kernteam auch weitere aktive Lehrkräfte geladen, um erste evaluatorische Hinweise und weitere Ideen u.a. aus dem metalltechnischen Bereich der Berufsschule als zukünftige Ergänzungsmöglichkeiten zu erhalten.

### Konzeption der Arbeitsmaterialien

Ebenso in diese erste praktische Umsetzungs- und Anfangsphase gehörte die Entwicklung der Comicfiguren und der ersten Comics, die das Zentrum eines jeden Experiment-Arbeitsblattes bilden. Darauf aufbauend wurden weitere notwendige Arbeitsblattarten eruiert, die künftig zu jedem Experiment gehören. Nach Abschluss der oben angesprochenen Evaluation der „Probematerialien“ durch die Lehrkräfte verschiedener Schularten, wurde die nachfolgende Zusammenstellung an Arbeitsmaterialien entwickelt, die künftig für jedes Experiment entworfen werden:



Abb. 1: Deckblatt

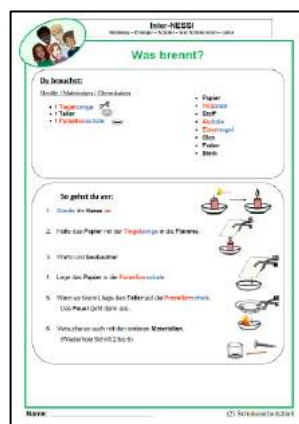


Abb. 2: Schülerarbeitsblatt

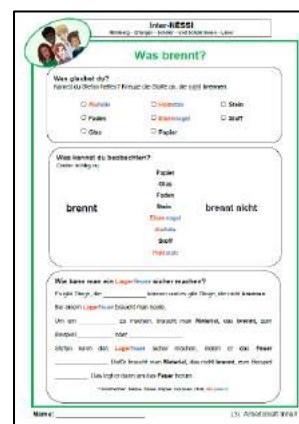


Abb. 3: Arbeitsblatt (Inhalt)

- (1) Deckblatt in Form von Comics mit Problem-/Fragestellung mit einfachen Gesprächstexten
- (2) Schülerarbeitsblatt mit illustrierter Vorgehensweise
- (3) Arbeitsblatt und Lösungsblatt (Inhalt)
- (4) + (5) Arbeitsblätter und Lösungsblätter (Sprache)
- (6) Lehrerblatt mit klar verständlichen Erläuterungen, auch für Lehrkräfte außerhalb des naturwissenschaftlichen Bereichs
- (+) Hilfskärtchen zu den hervorgehobenen Begriffen als individuelle Ergänzung

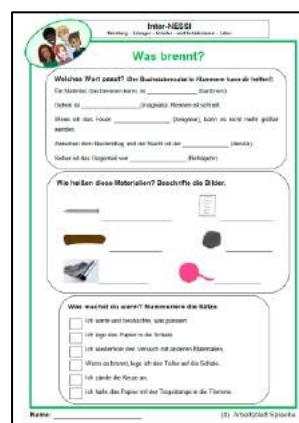


Abb. 4: Arbeitsblatt (Sprache)

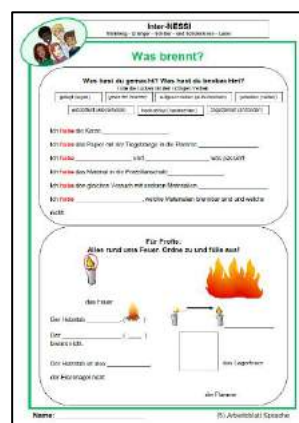


Abb. 5: Arbeitsblatt (Sprache)



Abb. 6: Hilfskärtchen

Sämtliche Schülerarbeitsmaterialien sind und werden sprachsensibel aufgearbeitet, um für die Schüler und Schülerinnen ein einfacheres und v.a. selbständiges Verstehen der Texte und Fachbegriffe zu gewährleisten. Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die von uns entwickelte Farbgestaltung, die nach verschiedenen anderen Gestaltungsideen schließlich auf Anregung von Dr. Thomas Grimm vom Lehrstuhl für Didaktik des Deutschen als Zweitsprache der Universität Erlangen-Nürnberg entstand. Hierbei werden Komposita und andere Wörter mit inhaltlich trennbaren Wortbestandteilen mehrfarbig gestaltet, um eben diese einzelnen Bestandteile des Wortes hervorzuheben und zu differenzieren. Bei Verben wird zudem mit Hilfe der farbigen Gestaltung auf die grammatikalische Stellung im Satz aufmerksam gemacht. Weitere Möglichkeiten des Scaffolding, die unsere Materialien bieten, sind z.B. die Darstellung von Nomen im Singular und Plural jeweils mit Artikeln auf den als Ergänzung nutzbaren Wortkärtchen. Außerdem werden alle Begriffe visualisiert und falls dies nicht möglich ist, dann werden für diese Worte Beispielsätze formuliert. Wichtig ist hierbei im Sinne des Projektgedankens, dass alle Übungen in der Regel sowohl dem Spracherwerb als auch dem naturwissenschaftlichen Lernen dienen.

### **Ausblick**

Im vorangegangenen Schuljahr konnte schon ein Vorversuch in einer BI-Klasse an einer Berufsschule durchgeführt werden, um die entwickelten Materialien zu testen. Der Testdurchlauf zeigte im Hinblick auf die Gestaltung das erwünschte Ergebnis und es konnten erste thematische Präferenzen bei der Experimentauswahl festgestellt werden. Im Verlauf des aktuellen Schuljahres wird nun mit regelmäßigen Erprobungen an verschiedenen Schulen begonnen. Gleichzeitig werden weitere Vorlagen entwickelt und die erprobten entsprechend verbessert oder weiter ausgearbeitet.

## Literatur

- Affeldt, F., Markic, S., Siol, A., Eilks, I., Fey, S., Huwer, J., Hempelmann, R., Urbanger, M., Kometz, A., Beck, U. & Ducci, M. (2016). Schülerlaborangebote zur Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung für alle Schülerinnen und Schüler. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. Universität Regensburg, 488-490
- Affeldt, F., Weitz, K., Markic, S. & Eilks, I. (2017). Metallische Gegenstände schützen und bewahren. Zugänge zu Experimenten mit Comics und sozialen Medien kreativ gestalten. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 161, 13-17
- Frederking, V., Schwedt, G. & Kometz, A. (2013). Chemie, Sprache & Literatur. Fächerverbindende Projekte von Chemie- und Deutschunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 138, 2-8
- Kometz, A. & Urbanger, M. (2009). Schülerlabor NESSI-Lab – ein Projekt zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung. In: D. Höttercke (Hrsg.), *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung*. Münster: LIT-Verlag, 277-279
- Kometz, A., Pommerin-Götze, G. & Schmitt-Sody, B. (2011). Naturwissenschaften und Sprachlernen. Sprachförderung durch naturwissenschaftliche Experimente im Sommercamp Nürnberg. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 123, 34-37
- Kometz, A. & Schmitt-Sody, B. (2011). Differenzierung im Chemieunterricht. In: Eisenmann, M. & Grimm, T. (Hrsg.), *Heterogene Klassen – Differenzierung in Schule und Unterricht*. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren, 137-154
- Kometz, A., Bauer, N., Schmitt-Sody, B. & Scheffler, F. (2013). Medienbildung in der Chemiedidaktik. In: Pirner, M. (Hrsg.), Pfeifer, W. (Hrsg.) & Uphues, R. (Hrsg.), *Medienbildung in schulischen Kontexten. Erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven*. München: kopaed, 363-384
- Kometz, A., Tandetzke, R., Kometz, A. (2017). Inter\_NESSI – ein Schülerlabor für Lernende mit Migrationshintergrund. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Tagungsband Nr. 38, 753-756
- Leisen, J. (2012). Praktische Ansätze schulischer Sprachförderung – Der sprachensible Fachunterricht. In: Bodensteiner, P. (Hrsg.) & Zöller, A. (Hrsg.), *Begegnen, Verstehen, Zukunft sichern – Beiträge der Schule zu einem gelungenen kulturellen Miteinander*, München: Hanns-Seidel-Stiftung, 29-42
- Leisen, J. (2016). Sprachsensibilität im Fachunterricht. In: *Pädagogik•Leben* 2-2016, 13-15
- Lehrplan für Berufsintegrations- und Sprachintensivklassen (2017). [http://www.isb.bayern.de/download/19735/lp\\_berufsintegrationsklassen\\_07\\_2017.pdf](http://www.isb.bayern.de/download/19735/lp_berufsintegrationsklassen_07_2017.pdf) (Letzter Zugriff: 10. Oktober 2018)
- Merzyn, G. (1998). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. Teil 1/2/3. Dem Andenken an M. Lichtfeldt gewidmet. In: *Physik in der Schule* 36 (1998) 6, 203-206 / 7-8, 243-247 / 9, 284-287
- Merzyn, G. (2017). Fachbestimmte Lernwege zur Förderung der Sprachkompetenz. [https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/upload/sprachsensibler\\_FU/Fachbestimmte\\_Lernwege\\_zur\\_Foerderung\\_der\\_Sprachkompetenz\\_Naturwissenschaften\\_Merzyn.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/upload/sprachsensibler_FU/Fachbestimmte_Lernwege_zur_Foerderung_der_Sprachkompetenz_Naturwissenschaften_Merzyn.pdf) (Letzter Zugriff: 10. Oktober 2018)
- Schmitt-Sody, B. & Kometz, A. (2011). NESSI-Transfer – Öffnung eines Schülerlabors für Förderschulen. In: D. Höttercke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. Münster: LIT-Verlag, 552-554
- Schmitt-Sody, B. & Kometz, A. (2013). Sprachliche Hindernisse bei Förderschülern im Chemieunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 138, 36-39
- Schmitt-Sody, B., Urbanger, M. & Kometz, A. (2015). Experimentieren mit Förderschülern – eine besondere Herausforderung in einem Schülerlabor und ein kleiner Beitrag für die Inklusion. In: *Chemie & Schule* 30, 5-10
- Schmitt-Sody, B. & Kometz, A. (2014). NESSI-Transfer – Öffnung eines Schülerlabors für Förderschulen. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN, 61-63
- Schmitt-Sody, B., Kometz, A. (2012). Experimentieren mit Förderschulkindern. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Oldenburg 2012. Berlin: LIT-Verlag, 131-133
- Urbanger, M. (2010). Das Projekt NESSI-Lab – Design und Evaluation eines Schülerlaborkonzepts für Lernende und Lehrende der Jahrgangsstufen 1 bis 6 in der Metropolregion Nürnberg. Göttingen: Sierke-Verlag
- Tandetzke, R., Müller, I., Kometz, A. (2018). Sprachförderung durch ausgewählte Versuche des NESSI-Labs. In: *Praxis Sprache* 63, 180-182

Dr. Sarah Hundertmark<sup>1</sup>

Vanessa Schad<sup>2</sup>

Robin Schildknecht<sup>2</sup>

Prof. Dr. Alexander Kauertz<sup>2</sup>

Prof. Dr. Bettina Lindmeier<sup>1</sup>

Prof. Dr. Christian Lindmeier<sup>2</sup>

Prof. Dr. Sandra Nitz<sup>2</sup>

Prof. Dr. Andreas Nehring<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Leibniz Universität Hannover

<sup>2</sup>Universität Koblenz-Landau

## **GeLernt: Multiprofessionalität im inklusiven Naturwissenschaftsunterricht**

### **Relevanz**

Aus dem Anspruch einer Gestaltung inklusiver Lehr-Lern-Prozesse von Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichen Lern- und Leistungsvoraussetzungen (UN-Behindertenrechtskonvention von 2009) erwachsen international wie national eine Reihe von Herausforderungen für die Lehrerbildung (z. B. Forlin, 2012; European Agency, 2010; Laubner & C. Lindmeier 2016). Eine besondere Herausforderung besteht in der interdisziplinären Kooperation zwischen Fachlehrkräften und Sonderpädagogen, in der die jeweiligen Kooperationspartner ihre Expertisen einbringen und pädagogische Entscheidungen im Sinne der individuellen Förderung aller Schülerinnen und Schüler treffen und dementsprechend handeln müssen.

In welcher Ausprägung Einstellungen zur Inklusion, fachliche, fachdidaktische und sonderpädagogische Kompetenzen notwendige Bedingungen für eine gelingende Diagnose und Entwicklung von inklusiven Lernangeboten in den naturwissenschaftlichen Fächern sind, ist bisher weitgehend ungeklärt.

Vor diesem Hintergrund besteht das Ziel des vorliegenden BMBF-geförderten Verbundvorhabens in der Auseinandersetzung mit eben jenen Kompetenzen, die Lehramtsstudierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik sowie der Sonderpädagogik befähigen, inklusive Lerneinheiten für eine naturwissenschaftliche Grundbildung in kooperierenden Tandems zu gestalten.

Basierend auf diesen Herausforderungen werden folgende Forschungsfragen zugrunde gelegt:

- Welche spezifischen Kompetenzen werden für eine Gestaltung inklusiver naturwissenschaftlicher Lehr-Lern-Prozesse benötigt?
- Inwiefern trägt der Erwerb domänenspezifischer Kompetenzen zur kooperativen Gestaltung inklusiver naturwissenschaftlicher Lehr-Lernprozesse bei?
- Inwiefern lassen sich diese Kompetenzen im Rahmen eines Seminarkonzepts fördern und welche Ansätze zu inklusionsbezogenen inhaltlichen Anforderungen an die Lehrerbildung lassen sich ableiten?

### **Umsetzung des Projektes**

An dem Projektvorhaben beteiligt sind die Naturwissenschaftsdidaktiken und die Sonderpädagogik der Standorte Leibniz Universität Hannover (Chemiedidaktik und Sonderpädagogik) und Universität Koblenz-Landau, Campus Landau (Biologie- und Physikdidaktik sowie Sonderpädagogik). Grundlage des Projekts ist die Modellierung und Evaluation eines Kompetenzmodells sowie die Gestaltung eines universitären Seminarkonzepts zur Vorbereitung angehender Lehrkräfte, das die Förderung der im Modell beschriebenen Kompetenzen zum Ziel hat.

#### *Kompetenzmodell*

Basierend auf dem P-I-D-Modell (Perception, Interpretation, Decision-making, Blömeke, Gustafson, & Shavelson, 2015) wurde ein vierdimensionales Kompetenzmodell erarbeitet, das



sowohl dispositionale Fähigkeiten, wie z.B. die Einstellung zur Inklusion, (K1 und K2, vgl. Abb. 1) als auch situationsspezifische Handlungsfähigkeiten (K3 und K4, vgl. Abb. 1) in den Fokus nimmt.

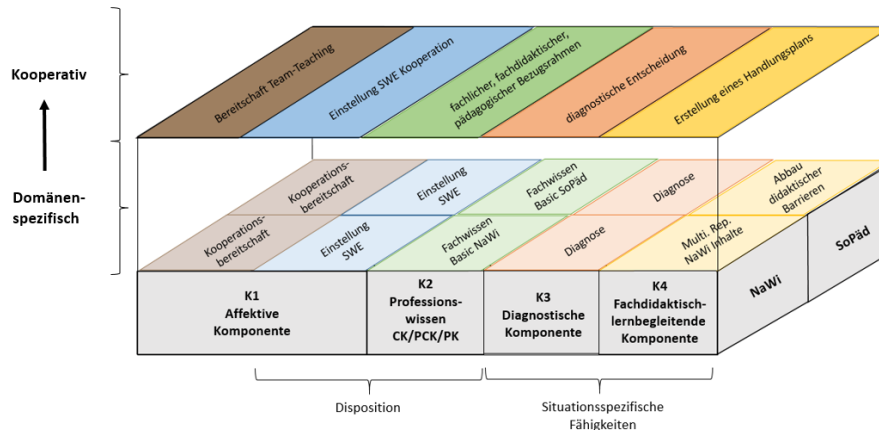


Abbildung 1: Kompetenzmodell aus dem Projekt GeLernt, das inklusionsspezifische Kompetenzen als Zusammenspiel domänenspezifischer und kooperativer Facetten beschreibt

Ausgehend von den domänenspezifischen Kompetenzen werden auf einer unteren Ebene jeweils für beide Lehramtsausrichtungen (LA Gymnasium Naturwissenschaften und Sonderpädagogik) Kompetenzausprägungen beschrieben. Diese werden entsprechend der jeweiligen Expertise in der eigenen Fachrichtung und den vermutlich geringeren Ausprägungen im Wissen anderer Domänen formuliert. Beispielsweise werden Gymnasiallehramtsstudierenden der jeweiligen naturwissenschaftlichen Fächer bestimmte Kompetenzen bezüglich des Professionswissens im Fach Chemie, Biologie oder Physik zugeschrieben. Nichtsdestotrotz wird erwartet, dass auch Studierende des Lehramts Sonderpädagogik im Rahmen des Seminars ein basales naturwissenschaftliches Verständnis entwickeln. Entsprechend können auch Ausprägungen in Bezug auf das Professionswissen des Bereichs Sonderpädagogik, sowie der anderen Kompetenzdimensionen formuliert werden. Resultierend aus der Kooperation in den Studierendentandems werden dann auf der oberen Ebene des Modells Kompetenzen der multiprofessionellen Kooperation beschrieben (Scruggs, Mastropieri, and McDuffie, 2007).

#### Das Seminarkonzept

Das Seminarkonzept wird modular aufgebaut, und soll einen hohen Anteil an Phasen der Zusammenarbeit in Tandems aus Studierenden der Sonderpädagogik und der Naturwissenschaftsdidaktik ermöglichen. Ein zentrales Element des Seminarkonzepts ist die Förderung der diagnostischen Fähigkeiten von Lernausgangslagen bei potentiellen Schülerinnen und Schülern (z.B. Schülervorstellungen, Denk- und Arbeitsweisen sowie sonderpädagogischen Förderbedarf). Hierfür notwendig sind fachwissenschaftliche und – didaktische, sowie sonderpädagogische Ausgangslagen der Studierenden beider Fachrichtungen mit dem Ziel der professionellen Zusammenarbeit (Heinrich, Urban & Werning, 2013; B. Lindmeier, 2013, 2015; Weishaupt, 2015). Anknüpfend an die Diagnose werden Anlässe zur Gestaltung gemeinsamer, adaptiver Lernprozesse nach UDL (Universal Design for Learning; Cast, 2018; Michna, Melle & Wember, 2016) geschaffen. Für die Diagnose werden Video-Vignetten erstellt und eingesetzt, die Schülerinnen und Schüler aus inklusiven Klassenverbänden zeigen, welche in Kleingruppen an Problemen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen arbeiten.

**Methodisches Vorgehen im Kontext der Kompetenzerfassung und -förderung**

Im Rahmen des Projekts werden Instrumente zur Erfassung der einzelnen Kompetenzen bei Studierenden des Gymnasiallehramts Biologie, Chemie, Physik und des Lehramts Sonderpädagogik erarbeitet bzw. adaptiert. Darüber hinaus wird das modularisierte Seminarkonzept in einem Pre-Post-Design empirisch evaluiert. Mit Blick auf die initiierten Lern- und Kooperationsprozesse zwischen Studierenden der Sonderpädagogik sowie des Lehramts der Fächer Biologie, Chemie und Physik findet eine formative Evaluation statt. Die erreichten Kompetenzstände werden summativ erfasst.

**Ausblick und Projektverlauf**

Das Projekt befindet sich derzeit in der Phase der Seminarentwicklung und Instrumentenselektion, -adaption und -pilotierung. Das Seminarkonzept wird an beiden Standorten im Sommersemester 2019 pilotiert.

### Literatur

- Blömeke, S.; Gustafsson, J.E. & R. Shavelson (2015). Beyond dichotomies. Viewing competence as a continuum. In: Zeitschrift für Psychologie 223 (1), 3-13.
- CAST (2018). Universal Design for Learning Guidelines version 2.2. (Retrieved from <http://udlguidelines.cast.org>, zuletzt aufgerufen: 15.10.2018).
- European Agency for Development in Special Needs Education (2010). Teacher Education for Inklusion. International Literature Review. Odense, Brüssel: Selbstverlag.
- Forlin, C. (Hrsg.) (2012). Future Directions For Inclusive Teacher education. An international perspective. London, New York : Routledge.
- Heinrich, M., Urban, M. & Werning, R. (2013). Grundlagen, Handlungsstrategien und Forschungsperspektiven für die Ausbildung und Professionalisierung von Fachkräften für inklusive Schulen. In: Döbert, H.; Weishaupt, H. (Hrsg.): Inklusive Bildung professionell gestalten. Situationsanalyse und Handlungsempfehlungen. Münster/New York/München/Berlin: Waxmann, 69-133.
- Laubner, M. & Lindmeier, C. (2016). Forschung zur inklusionsorientierten Lehrerinnen- und Lehrerbildung in Deutschland. Eine Übersicht über die neueren, empirischen Studien der ersten, universitären Phase. In: Lindmeier, C.; Weiß, H. (Hrsg.): Pädagogische Professionalität im Spannungsfeld von sonderpädagogischer Förderung und inklusiver Bildung. 1. Beiheft zur Zeitschrift Sonderpädagogische Förderung heute. Weinheim: BELTZJuventa 2016, 154-201.
- Lindmeier, B. (2013). Professionelles Handeln im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In: Ackermann, K. E. / Musenberg, O. / Riegert, J. (Hrsg.): Geistigbehindertenpädagogik!? Disziplin – Profession – Inklusion. Oberhausen: Athena, 291-313.
- Lindmeier, B. (2015). Professionstheoretische Hinweise für eine inklusionsorientierte Lehrerbildung im sonderpädagogischen Lehramt. In: Mahnke, U.; Redlich, H.;
- Michna, D.; Melle, I. & Wember, F. B. (2016). Gestaltung von Unterrichtsmaterialien auf Basis des Universal Design for Learning. In: Sonderpädagogische Förderung heute 61, 286-303.
- Scruggs, T. E., Mastropieri, M., & McDuffie, K. A. (2007). Co-Teaching in Inklusiv Classrooms: A Metasynthesis of Qualitative Research. Council for Exeptional Children, 73(4),pp 392-416.
- Weishaupt, H. (2015). Aus-, Fort- und Weiterbildung für ein Schulwesen auf dem Weg zur inklusiven Schule. Schriftliche Fassung eines Vortrags auf dem Bundeskongress des Verbands Sonderpädagogik e. V. am 27. Juni 2014 in Würzburg. In: Zeitschrift für Heilpädagogik 66, 216-229.

## **Rahmenbedingungen für Physik für Kinder in schwierigen Lebenslagen**

### **Einführung:**

Weltweit fliehen Menschen vor Gewalt, Krieg und Verfolgung. Unter den Schutzsuchenden sind es Kinder und Jugendliche, die besonders gefährdet sind, insbesondere weil sie dadurch ein sicheres Lebensumfeld verlieren und nur noch einen begrenzten Zugang zur Bildung haben. Als Konsequenz findet eine große Anzahl von Kindern ihren Lebensmittelpunkt auf der Straße oder für eine längere Zeit in Flüchtlingsunterkünften. Um die Bildungsarbeit zu unterstützen, gibt es inzwischen vielfältige Bildungsangebote für solche Kinder - auch im Bereich der Naturwissenschaften. Zwei dieser Projekte sind: „Patio 13, Physik für Straßenkinder“ (PFS) und „Physik für Flüchtlinge“ (PfF). Die jeweils beteiligten Lehrpersonen werden für die Arbeit mit den Kindern fortgebildet, um die hierfür notwendigen Kompetenzen zu erwerben. Die Studie verfolgt zwei Ziele: 1. Der aktuelle Stand beider Projekte soll hinsichtlich der Zielstellungen, Bedingungen, notwendigen Kompetenzen und Aktivitäten aus der Sicht der beteiligten HelferInnen und Organisatoren erfasst und beschrieben werden. 2. Es wird untersucht, inwieweit die Fortbildungen als angemessen und hilfreich von den Betreffenden erlebt werden und ob es weitere, bisher kaum oder nicht beachtete Herausforderungen und Faktoren gibt, die berücksichtigt werden sollten. Zu diesem Zweck wurden die bei den jeweiligen Projekten Beteiligten interviewt und unterschiedliche Dokumente, wie zum Beispiel Erfahrungsberichte, Veröffentlichungen und Präsentationen, analysiert (vgl. Ortiz & Welzel-Breuer, 2017)

### **Die Rahmenbedingungen im Vergleich:**

In beiden hier betrachteten Projekten (PFS und PfF) erhalten Lehrkräfte Unterstützung und Fortbildungsangebote, um sie zu befähigen, „Physik für Kinder in schwierigen Lebenslagen“ zu ermöglichen. Es wurden Seminare bzw. Workshops für das Lehrpersonal konzipiert und Materialien zusammengestellt: Um die Wirkung dieser Unterstützungsangebote bewerten zu können, sind sie zunächst mit ihren Rahmenbedingungen genau zu beschreiben, denn beide Projekte sind jeweils spezifisch hinsichtlich der Zielgruppen mit ihren Voraussetzungen und Lebensbedingungen, hinsichtlich der Akteure mit ihren Erfahrungen und ihrem Wissen und hinsichtlich der Arbeitsbedingungen vor Ort in Kolumbien und in Deutschland. Dennoch geht es in beiden Projekten um die Vermittlung physikalischen Wissens an Kinder in schwierigen Lebenslagen. Es ist also zunächst nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden auf den verschiedenen Ebenen zu suchen. Fokussiert werden die Fragen: Unter welchen räumlichen, zeitlichen, personellen und materiellen Bedingungen werden die Projekte „Physik für Straßenkinder“ und „Physik für Flüchtlinge“ realisiert? Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede sind im Hinblick auf beide Projekte feststellbar? Wie werden die jeweiligen Lehrpersonen auf ihre Tätigkeit konkret vorbereitet und bei der Betreuung der zu unterrichtenden Kinder unterstützt?

### **Methodisches Vorgehen:**

Die hier betrachteten Forschungsfragen beziehen sich auf die aktuellen Rahmenbedingungen der beteiligten Projekte sowie auf die an die Lehrkräfte gerichtete Unterstützung und die realisierten Fortbildungsangebote. Mit diesem Fokus wurde zunächst eine Dokumentenanalyse konzipiert und durchgeführt. Die dafür verwendete Strategie basiert auf den von Mayring (2002) vorgeschlagenen Arbeitsschritten zur Dokumentanalyse: a)

Formulierung der Fragestellung; b) Definition des Dokumentstatus und Sammeln; c) Quellenkritik und d) Interpretation des Ausgangsmaterials mittels einer Analysetechnik. Die Schritte a) und b) wurden im Vorfeld bewältigt. Basierend auf den Ergebnissen der Quellenkritik und der Einschätzung der Aussagekraft der Dokumente hinsichtlich der Beantwortung der oben festgelegten Forschungsfragen, wurden die folgenden Dokumente für die weiterführende Inhaltsanalyse ausgewählt:

*Projekt PfS:* Erfahrungsberichte von Multiplikatoren, die mit den Kindern direkt arbeiteten, Ablaufpläne der Unterstützungsangebote für die Multiplikatoren, die Projektwebsite, Projektberichte der Projektverantwortlichen, wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Projekt und im Projekt verwendete Experimentieranleitungen.

*Projekt PfF:* Ablaufpläne der Unterstützungsangebote (Workshops für Multiplikatoren), die Projektwebsite, Experimentieranleitungen, Handbuch für Multiplikatoren und Newsletter des Projekts.

### **Erste Ergebnisse:**

Sämtliche oben aufgelisteten Dokumente wurde untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass die folgenden Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen:

### **Gemeinsamkeiten:**

Beide Projekte sind definiert als außerschulische naturwissenschaftliche Bildungsangebote mit dem Fach Physik als inhaltlichem Bestandteil. Da hierfür keine Curricula Inhalte und Methoden vorgeben, wurde die spielerische Vermittlung physikalischer Themen anhand des Einsatzes von einfachen Experimenten als zentrale Strategie der Interventionen bestimmt. Experimentiermaterial und Experimentierideen aus dem Projekt PfS wurden an die Arbeit mit den Flüchtlingskindern im Rahmen des Projekts PfF angepasst, verschriftlicht und verwendet. Aus diesem Grund erscheinen manche Inhalte und physikalische Themen (zum Beispiel: Elektrizität und Optik) in beiden Projekten ähnlich oder gleich. In beiden Projekten starteten die Unterstützungsangebote mit konkreten Materialerfahrungen und spielerischem Erkunden und Experimentieren.

### **Unterschiede:**

Unabhängig von der geographischen Lage (Kolumbien und Deutschland), wo die untersuchten Projekte, durchgeführt werden, wurden Unterschiede bzw. Besonderheiten festgestellt. Zunächst ist die unterschiedliche Nationalität der betroffenen Kinder und Jugendlichen zu nennen: PfS richtet sich an kolumbianische Straßenkinder der Städte Medellín und Copacabana. Im Gegensatz dazu arbeitet das Projekt PfF mit Flüchtlingskindern, die aus Ländern wie Syrien oder Afghanistan stammen (genauere Angaben über die Nationalität der Kinder kann im Rahmen dieser Arbeit nicht ermittelt werden). Angesichts der Herkunft der betroffenen Minderjährigen werden unterschiedliche sprachliche Anforderungen an das Lehrpersonal gestellt. In Kolumbien wird Spanisch sowohl von den Kindern als auch von den Lehrkräften gesprochen. Diese Lage verändert sich in Deutschland, wo die Flüchtlingskinder eine andere Muttersprache, bspw. Arabisch, beherrschen.

Im Hinblick auf die beteiligten Lehrpersonen bzw. HelferInnen konnte auch erfasst werden, dass sie eine sehr unterschiedliche Ausbildung bezüglich des Faches Physik und der entsprechenden Fachdidaktik erfahren haben. Die Mehrheit des Personals bei dem Projekt PfS sind ausgebildete LehrerInnen oder Lehramtsstudierende mit wenigen physikalischen Vorkenntnissen. Im Gegensatz dazu sind beim Projekt PfF in Deutschland vor allem Physiker bzw. Physik-Studierende tätig.

Obwohl beide Projekte den Bildungswert der Physik für Kinder in schwierigen Lebenslagen vertreten, setzen sie unterschiedliche fachdidaktische Ziele. PfS ist geknüpft an die Ausbildung kolumbianischer Lehramtsstudierender. Demzufolge wurden Entwicklung, Planung und Erprobung von Unterrichtsmethoden und –materialien mit kolumbianischen Studierenden für den Unterricht mit Straßenkindern als grundlegendes Ziel formuliert. Die Studierenden sind also direkt in die methodisch-didaktische Entwicklung der Lernangebote involviert und entwickeln ganze Unterrichtsreihen. Entsprechend wird ein Bildungsprogramm für Kinder in schwierigen Lebenslagen gestaltet. Im Vergleich dazu bietet das Projekt PfF den geflüchteten Kindern und Jugendlichen eine Ablenkung vom Alltag und mit den Experimentierangeboten eine lehrreiche und spannende Unterhaltung, welche auf der Durchführung von einfachen Experimenten basiert und eher punktuell gedacht ist. Längere Unterrichtsreihen ergeben sich hier eher nicht.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auch in der Beschreibung der von den jeweiligen Projekten eingesetzten Strategien zur Vorbereitung und Betreuung der Lehrkräfte. Im Falle des Projekts PfS werden den kolumbianischen Lehramtsstudierenden Intensivseminare im Rahmen kurzer Projektaufenthalte (zwei bis drei Wochen) angeboten, in denen die Aktivitäten mit den Straßenkindern vorbereitet werden. Diese Seminare werden durch Praxisanteile und gemeinsame Reflexionsphasen ergänzt. Ein anderes Modell, die sogenannten Multiplikatorenschulungen, wurden im Projekt PfF zur Unterstützung der beteiligten HelferInnen eingesetzt. Dieses Angebot bestand aus zweitägigen Workshops, die in Berlin oder Bad Honnef stattfanden. Während zahlreicher Experimentierphasen wurden den HelferInnen physikalische Experimente und das dazugehörige Experimentiermaterial vorgestellt. Passend zum dargebotenen Material wurden zudem Beschreibungen möglicher Experimente mit Aufgabenstellungen entsprechend dem Prinzip des forschend-entdeckenden Lernens zur Verfügung gestellt. Zusätzlich bot das Projekt PfF eine internetbasierte Betreuung (YouTube-Filme), bei welcher die Darbietung einfacher physikalischer Experimente in Videos im Mittelpunkt stand.

Während der Schwerpunkt der Intensivseminare in Kolumbien (PfS) auf der inhaltlich-fachdidaktischen Ebene liegt, da die Studierenden wenig physikalische Vorkenntnisse mitbringen, sind es in Deutschland (PfF) die methodisch-pädagogische Ebene und der Umgang mit Kindern und Jugendlichen aus anderen Kulturen und mit Traumata.

### **Bewertung der Ergebnisse und Ausblick:**

Mit diesen ersten Ergebnissen ist es nun möglich, eine Beschreibung der beteiligten Projekte hinsichtlich der Rahmenbedingungen und der Unterstützungsangebote für das Lehrpersonal zu erstellen. Es wurden projektspezifische Informationen ermittelt, welche für die weiterführende Untersuchung des jeweiligen Bildungsangebots und seiner Wirkung erforderlich sind. Weiterführenden Forschungsfragen wird anhand leitfadengestützter Einzelinterviews (Gläser und Laudel, 2009) mit Multiplikatoren beider Projekte nachgegangen. Zu diesem Zweck wurden bereits jeweils 20 Lehrkräfte aus Deutschland und Kolumbien befragt. Dabei wurden unterschiedliche Aspekte wie z.B. die eigene individuelle Motivation für die Arbeit mit den Kindern in schwierigen Lebenslagen, das Erleben der Unterstützungsangebote, persönliche Erfahrungen und konkrete Herausforderungen bei der Tätigkeit in den jeweiligen Projekten, sowie Unterstützungswünsche erfragt. Die Analyse der Interviews soll im Zusammenhang mit den beschriebenen Ergebnissen der Dokumentenanalyse Grundlagen für die Optimierung der Ausbildung, der fachlichen, fachdidaktischen, fachmethodischen und sozialpädagogischen Vorbereitung und Unterstützung des Lehrpersonals für die betrachteten Projekte schaffen. Daraufaufgehend sollen konkrete Handlungsempfehlungen definiert werden, welche als Grundlage für die Lehreraus- und -fortbildung verwendet werden könnten.

### Literatur

- Gläser J., & Laudel G. (2009). Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. 3., überarbeitete Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Mayring, P., (2002). Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken. 5. Auflage. Weinheim: Beltz Verlag.
- Ramsenthaler, C. (2013). Was ist "Qualitative Inhaltsanalyse?" In: Schnell M., Schulz C., Kolbe H., Dunger C., (Eds) Der Patient am Lebensende. Palliative Care und Forschung. Wiesbaden: Springer VS.
- Ortiz Palacio, C. D. & Welzel-Breuer, M. (2017): Physik für Kinder in schwierigen Lebenslagen. Eine empirische Studie zur Erfassung und Beschreibung spezifischer Rahmenbedingungen und Herausforderungen aktueller Bildungsangebote. Internetzeitschrift: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Dresden 2017.

Thomas Wilhelm<sup>1</sup>  
Lion Cornelius Glatz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt am Main

## Schülervorstellungen zur Ausdehnung bei Erwärmung

### Ausgangslage

In der Physikdidaktik besteht heute weitgehend Einmütigkeit darin, dass es für das Lehren der Physik sehr wichtig ist, Schülervorstellungen zum unterrichteten Thema zu kennen und zu berücksichtigen. Bei manchen Themen der Physik – vor allem bei zentralen Themen und grundlegenden Begriffen – sind diese Schülervorstellungen sehr gut erforscht, so dass sie bereits in Lehrbüchern dargelegt werden (Schecker et al., 2018). Bei anderen Themen liegen dagegen nur wenig Erhebungen vor, vor allem bei Randthemen und bei fortgeschrittenen Teilthemen. Ein solches Teilthema ist die Ausdehnung bei Erwärmung, zu der es nur lange zurückliegende Erhebungen gibt.

### Bisher dokumentierte Vorstellungen

Nach Duit (1986, S. 33) wurde in mehreren Untersuchungen die Ausdehnung einer Flüssigkeit in einem Thermometermodell thematisiert (voller Erlenmeyerkolben mit Glassteigrohr). Von Grundschulkindern wird das Ansteigen des Flüssigkeitsfadens selten mit der Ausdehnung der Flüssigkeit gedeutet (Wiesner & Stengl, 1984). Die Schülererklärungen des Ansteigens sind dabei nicht belastbar: Wärme macht die Flüssigkeit leichter, Wärme bringt generell Dinge zum Steigen oder Dampfblasen treiben das Wasser hoch. Dagegen haben 12-jährige Kinder meistens keine Schwierigkeiten, das Ansteigen des Flüssigkeitsfadens auf die Ausdehnung des Wassers zurückzuführen, wenn auch die obigen Deutungen noch vorkommen (Erickson, 1979).

Von sich aus nutzen Schülerinnen und Schüler selten eine explizite Stoffvorstellung und kaum das Teilchenmodell (Duit, 1986). Wird das Teilchenmodell als Erklärung angeboten, wird es von vielen akzeptiert. Allerdings werden Alltagserfahrungen mit makroskopischen Dingen für die Beschreibung von submikroskopischen Objekten übernommen. Die kleinsten Teilchen haben demnach Eigenschaften wie Temperatur, Farbe, Geruch, Form und Konsistenz (Mikelskis-Seifert 2002; Fischler & Reiners 2006; Fischler 1997). Entsprechend geht die Volumenausdehnung eines Körpers bei Erwärmung auf die Ausdehnung seiner einzelnen kleinsten Teilchen zurück (Novik & Nussbaum, 1981; Fischler & Schecker, 2018).

Es gibt aber auch Hinweise auf diffuse Vorstellungen, die zu einem Wärmestoff passen (Erickson, 1979). Dazu gehört die Vorstellung, die Wärme als eine Art Wärmestoff dringt in einen Gegenstand ein und macht ihn dadurch leichter (Fischler & Schecker, 2018). Deshalb steigt warme Luft auf.

Relevant ist auch die Vorstellung, zwischen den Teilchen eines Festkörpers ist Luft (Peuckert, 2005). Eine Ausdehnung des Festkörpers kann dann an der Ausdehnung der Luft liegen.

### Vorgehensweise

Im Rahmen einer Staatsexamensarbeit (Glatz, 2017) wurde mit Hilfe von halboffenen Leitfadeninterviews mit Experimenten untersucht, welche Vorstellungen Schüler zur Ausdehnung bei Erwärmung haben. Es sollte damit untersucht werden, ob die Schülervorstellungen, die aus früheren Studien bekannt sind, wiedergefunden werden, und ob darüber hinaus auch Vorstellungen auftauchen, die bisher noch nicht beschrieben sind.

Da die Vorstellungen kurz vor einem entsprechenden Unterricht interessierten und nicht Vorstellungen, die durch den Unterricht zu dem Thema erzeugt werden, wurden 12 Schülerinnen und Schüler der 5. und 6. Jahrgangsstufe vor einem Wärmelehreunterricht befragt. Da die



Vorstellungen zur Ausdehnung von festen, flüssigen und gasförmigen Materialien interessierten, wurden drei entsprechende Experimente diskutiert: 1. Eine Metallkugel passt nach dem Erhitzen nicht mehr durch einen Ring. 2. In einem Modell eines Flüssigkeitsthermometers steigt beim Erwärmen der Flüssigkeitsfaden im Glasrohr. 3. Ein unaufgeblasener Luftballon über einer liegenden Glasflasche dehnt sich aus, wenn heißes Wasser über die Flasche gegossen wird.

Den Schülerinnen und Schülern wurden zuerst die ersten beiden Versuche vorgeführt. Dann sollten sie ihre vermutete Erklärung auf einem Arbeitsblatt festhalten, was in den anschließenden Einzelinterviews aufgegriffen wurde. Der dritte Versuch folgte später im Interview. Ein Interviewleitfaden wurde nach Niebert & Gropengießer (2014) erstellt.

Die Auswertung der Leitfadeninterviews geschah nach Gropengießer (2008) in drei Schritten: Zunächst wurden alle Interviews transkribiert. Im zweiten Schritt wurden die Interviews redigiert. Dazu wurden Bedeutung tragende Aussagen ausgewählt, Redundanzen und Füllsen weggelassen und der Text so transformiert und paraphrasiert, dass es eigenständige Aussagen sind, die ohne die Beiträge des Interviewleiters allein stehen können. Dabei wird auch die Grammatik der Aussagen geglättet. Im dritten Schritt werden die redigierten Aussagen geordnet.

Mit Hilfe der geordneten Aussagen wird ein Fließtext zu jeder interviewten Person erstellt, der deren Vorstellungen erläutert, genannt Explikation (Krüger & Riemeier, 2014) und eine Einzelstrukturierung entscheidender Vorstellungen vorgenommen (Mayring, 2010). Als letzter Schritt erfolgt eine Verallgemeinerung der Ergebnisse.

### Ergebnisse

Angelehnt an Gropengießer (2008) werden die Verallgemeinerungen der einzelnen, in den Interviews gefundenen Konzepte in tabellarischer Form dargestellt. Die rechte Seite der untenstehenden Tabelle bietet jeweils den Überblick über die Konzepte der Schülerinnen und Schüler und enthält (redigierte) Formulierungen der Schüler. Auf der linken Seite befindet sich jeweils die Verallgemeinerung des Konzeptes.

|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Metall wird bei Erwärmung dadurch größer, dass ein Teil der Materie schmilzt und sich als neue Schicht darüberlegt.</b> | <p>Lena: <i>Die Metallkugel ist innen komplett ausgefüllt und besteht aus mehreren Schichten. Nach Erwärmung hat sich eine neue Schicht darüber gebildet.</i></p> <p>Lydia: <i>Das Metall ist etwas geschmolzen und dadurch größer geworden. Es hat sich etwas verbreitet, gedehnt, ausgebreitet.</i></p> <p>Daniel: <i>Das Eisen wird heiß und dann wird ein kleines bisschen davon, aber nur ganz wenig, flüssig und das kommt dann an der Seite wieder direkt neu drauf.</i></p> <p>Julia: <i>Das Metall hat sich ausgebreitet, weil sich da irgendwie eine Schicht drum gebildet hat. Die Schicht kam aus der Hitze.</i></p> <p>Felix: <i>Bei der Kugel schmilzt das Metall und wird irgendwie ausgebreitet oder so.</i></p> |
| <b>Erwärmtes Wasser und Verdunstung oder Wasserdampf steigen nach oben.</b>                                                | <p>Lena: <i>Luft und Wasser verdunsten und steigen nach oben.</i></p> <p>Lydia: <i>Verdunstete Luft wurde durch die Hitze in den Luftballon transportiert.</i></p> <p>Michael: <i>Der Dampf ist gekochtes Wasser. Das Wasser und alles hat sich erwärmt und ist nach oben gekommen.</i></p> <p>Daniel: <i>Durch die heiße Luft bläst sich der Luftballon auf. Da wir das Wasser erhitzen, ist da ja Wasserdampf und der Wasserdampf steigt nach oben. Dadurch, dass es abkühlt, geht der Wasserdampf auch wieder aus dem Luftballon raus.</i></p>                                                                                                                                                                                |

|                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                               | Felix: <i>Das Wasser und die rote Farbe sind weiter hochgestiegen, weil heiß geht nach oben. Wenn man das Wasser darüber schüttet, ist es gleich, wie wenn es drinnen ist: Die heiße Luft geht dann nach oben.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Materie besteht aus kleinen Teilchen, die bei Erwärmung größer werden, sich ausdehnen.</b> | <p>Lena: <i>Das Eisen besteht aus Elementarmagneten. Bei Hitze werden die größer und breiten sich aus.</i></p> <p>Anna: <i>Wasser sind so kleine Teilchen, die sind alle miteinander verbunden. Wenn das jetzt erwärmt wird, dann werden diese Teilchen vielleicht größer oder zusammengedrückt.</i></p> <p>Michael: <i>Wenn die Atome erhitzt werden, breiten die sich aus.</i></p> <p>Diego: <i>Die Moleküle werden größer, breiten sich aus.</i></p> <p>Tom: <i>Atome sind vielleicht so gasförmige Kügelchen, die in der Luft irgendwie herumschwirren.</i></p> |
| <b>Hitze ist ein Stoff, der Platz verbraucht und andere Stoffe verdrängt.</b>                 | <p>Lukas: <i>In dem Wasser ist etwas, das es nach oben hält. Diese Hitze verbraucht ein bisschen Platz.</i></p> <p>Lydia: <i>Die Hitze nimmt dem Metall den Platz im Inneren weg. Das Wasser ist hochgekommen, weil dort die Hitze den Platz verbraucht.</i></p> <p>Anna: <i>Hitze macht Druck. Dieser Druck lässt die Flüssigkeit nach oben steigen.</i></p>                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Durch Hitze kann Luft in Stoffen entstehen.</b>                                            | <p>Julia: <i>Das Wasser ist durch die Hitze hochgestiegen. Da ist noch Luft aus der Hitze unten dazugekommen. Es ist heiß geworden und dann entsteht irgendwie Luft.</i></p> <p>Heike: <i>Nachdem die Kugel heiß gemacht wurde, geht die so raus und innen wird die hohl. Innendrinne ist dann Luft.</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Anthropomorphe Erklärungen</b>                                                             | <p>Tom: <i>Die Flasche wird erwärmt und dann kann es sein, dass die Luft raus will, weil es in diesem Teil sehr heiß wird, aber nicht raus kann und dann in diesen Luftballon rein.</i></p> <p>Felix: <i>Könnte sein, dass der Luftballon abfliegt. Dadurch, dass Wärme kommt, will er dann weg, sozusagen.</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Magnetische Reaktionen</b>                                                                 | Lena: <i>Wenn die Metallkugel erwärmt wird, sind die Elementarmagnete ungeordnet und dehnen sich aus. Dadurch ist sie nicht mehr magnetisch und wird größer.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

Tab. 1: Überblick über die gefundenen Konzepte der Schülerinnen und Schüler (links: Verallgemeinerung der Konzepte, rechts: redigierte Schüleraussagen).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich einige bekannte Vorstellungen wiederfanden: „Warmes steigt auf“, „Teilchen dehnen sich aus“, „Wärmestoff“, „Luft in den Körpern“ und „anthropomorphe Vorstellungen“. Die Argumentation mit dem Aufsteigen gab es selbst dann, wenn die Flasche waagrecht lag und der Luftballon sich nach Seite aufblähte. Eine Argumentation mit Teilchen wurde nie selbstständig herangezogen, sondern erst dann gerne verwendet, wenn diese vom Interviewer angesprochen wurde.

Es traten aber auch bisher nicht dokumentierte Vorstellungen auf: „Metall schmilzt und eine neue Schicht kommt dazu“ und „magnetische Reaktionen“. Tatsächlich schmilzt das Metall nicht, aber das Aussehen der Eisenkugel verändert sich, was zu dieser Annahme führen kann. Die Begründung mit den Elementarmagneten ist eine unterrichtsinduzierte Schülervorstellung, die durch den vorhergehenden naturwissenschaftlichen Unterricht entstand.

## Literatur

- Duit, R. (1986). Wärmeverstellungen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie*, 34 (13), 30-33.
- Erickson, G. (1979). Childrens' conceptions of heat and temperature. *Science Education* 63, 221-230.
- Fischler, H. (Hrsg.) (1997). *Teilchen – Themenheft. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, Heft 41.
- Fischler, H. & Reiners, C. S. (Hrsg.) (2006). *Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht*. Berlin: Logos.
- Fischler, H. & Schecker, H. (2018). Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme. In Schecker, H.; Wilhelm, T.; Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Springer-Spektrum.
- Glatz, L. C. (2017). Erhebung von Schülervorstellungen zur Ausdehnung bei Erwärmung, Staatsexamensarbeit Goethe-Universität Frankfurt am Main, <http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/Ausdehnung.pdf>
- Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse*, 2. Aufl., S. 172-189. Weinheim: Beltz.
- Kesidou, S. & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics—an interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 85-106. doi:10.1002/tea.3660300107
- Krüger, D. & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse – eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 133-145). Berlin: Springer Spektrum.
- Mayring, P. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse. In U. Flick, E. Kardoff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung – Ein Handbuch* (468-475). Hamburg: Rowohlt.
- Mikelskis-Seifert, S. (2002). *Die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern*. Berlin: Logos
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121-132). Berlin: Springer Spektrum.
- Novik, S. & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross age study. *Science Education* 65, 187-196.
- Peuckert, J. (2005). *Stabilität und Ausprägung kognitiver Strukturen zum Atombegriff*. Berlin: Logos.
- Schecker, H.; Wilhelm, T.; Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Springer-Spektrum.
- Wiesner, H. & Stengl, H. (1984). Vorstellungen von Schülern der Primarstufe zu Temperatur und Wärme. *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe* 12, 445-452.

Thomas Plotz<sup>1</sup>  
 Ingrid Krumphals<sup>2</sup>  
 Claudia Haagen-Schützenhöfer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Wien  
<sup>2</sup>Universität Graz

## Delphi-Studie zum Begriff „Schülervorstellungen“

### Forschungsstand und Forschungslücke

Der Begriff der Schülervorstellung ist seit mehr als 30 Jahren in der fachdidaktischen Forschung präsent und ein wichtiger Kern der deutschsprachigen Wissenschaftscommunity. Gemeinsam mit der Theorie des Conceptual Change (Duit & Treagust, 2012) bildet das Konzept der Schülervorstellungen ein Fundament für die fachdidaktische Forschung.

Aus dieser zentralen Stellung leitet sich eine hohe Relevanz dieses Begriffs auch für die fachdidaktische Lehre ab. Nicht umsonst findet sich praktisch kein Lehrbuch für Physikdidaktik, welches den Begriff der Schülervorstellung nicht enthält und behandelt. Dennoch ist es schwierig eine stringente Definition des Begriffs in der Literatur zu finden. Schecker (1986) und später Niedderer and Schecker (1992) versuchten Ende der 80-er, Anfang der 90-er Jahre eine solche Definition zu formulieren. Wodzinski (1996, 2006) beschreibt den Begriff umfassend, wobei sie die Begriffe Schülervorstellung und Präkonzept synonym verwendet. Ihre „Definition“ von Schülervorstellungen lautet folgendermaßen: „...damit [ist] ganz allgemein das Verständnis der Schülerinnen und Schüler vor dem Unterricht gemeint [...]“ (Wodzinski, 1996, S. 15). Hiermit wird die Breite des Begriffs erneut verdeutlicht. Die von Wodzinski formulierten Grundsätze bleiben bisher in der Community unwidersprochen. Dies liegt vermutlich vor allem daran, dass es unseres Wissens weder Definitionsversuche auf normativer Ebene gibt, noch neuere Studien publiziert wurden, die versuchen dieses Konstrukt empirisch zu fassen (Rath, 2016, 2017). Offen bleibt hier die Frage, ob es notwendig ist, für den Bereich der fachdidaktischen Forschung eine einheitliche Definition zur Verfügung zu stellen.

Richtet man den Fokus jedoch stärker auf die Lehre, so zeigen sich u. a. in den Arbeiten von Krumphals (2017) und Renner (2018) Hinweise, dass Studierende während des Physiklehramtsstudiums zum Begriff Schülervorstellungen tlw. unerwünschte Vorstellungen entwickeln. Auf der **Ebene der Lehre** scheint es also unseres Erachtens nötig zu sein, das Konzept der Schülervorstellungen **greifbar und verbalisierbar** zu machen. Daher besteht das Bestreben festzustellen, ob sich in der deutschsprachigen Community ein anschlussfähiges Grundkonzept zum Begriff der Schülervorstellungen etabliert hat bzw. auszuloten, ob aus Sicht der Community die Notwendigkeit für ein derartiges Grundkonzept besteht. Diese Frage zu beantworten ist Ziel einer geplanten Delphi-Studie.

In einem ersten Schritt wurde eine Vorstudie mit Physiklehramtsstudierenden durchgeführt, um den Hinweisen bzgl. der Notwendigkeit einer Begriffsklärung für die Hochschullehre empirisch nachzugehen. Die Ergebnisse dieser Vorstudie werden nachfolgend dargestellt.

### Vorstudie

Um einen ersten Einblick zu den Vorstellungen der Studierenden zum Begriff „Schülervorstellung“ zu erhalten, wurden Physiklehramtsstudierende (4. – 8. Semester) an zwei österreichischen Universitäten (Graz und Wien) gebeten offene Fragen zur Begrifflichkeit zu beantworten.

### *Design und Stichprobe*

Die Studierenden füllten innerhalb eines Seminars einen 20-minütigen Fragebogen mit insgesamt sechs Fragen zum Komplex Schülervorstellungen aus. Der Fokus des Fragenkomplexes lag einerseits auf einer Elementarisierung des Begriffs, sowie der Zuordnung zu Personen. Andererseits auf der Bedeutung des Konzeptes für ihre zukünftige Lehrtätigkeit und ihren Unterricht. Die letzte Frage zielte darauf ab, herauszufinden, ob Studierende konkret Schülervorstellungen nennen können und wie sie diese sprachlich wiedergeben. Der Fragenkomplex war wie folgt:

Frage 1: Wie erklären Sie einem/r Studienkollegen/in im Bachelorstudium Physik, was wir in der Fachdidaktik Physik mit Schülervorstellungen meinen?

Frage 2: Wer (welche Personen) haben Schülervorstellungen?

Frage 3: Wer (welche Personen) haben keine Schülervorstellungen?

Frage 4: Wodurch entstehen Schülervorstellungen?

Frage 5: Wie wichtig empfinden Sie Wissen über Schülervorstellungen für Ihre Professionalisierung als Lehrerin bzw. als Lehrer? Beschreiben Sie bitte kurz,

- A) was Sie denken:
- B) und warum Sie so denken:

Frage 6: Welche Schülervorstellungen zur Mechanik kennen Sie? Zählen Sie so viele wie möglich auf.

Die Stichprobe umfasst Lehramtsstudierende zweier Universitäten, welche zumindest die Einführungslehrveranstaltung in die Fachdidaktik abgeschlossen hatten (siehe Tabelle 1). Beide Kohorten sind daher von Seiten der Lehre mit dem Begriff der Schülervorstellungen in Kontakt gekommen. Der Fragebogen wurde von den Studierenden in einem Seminar bearbeitet.

*Tabelle 1*

|      | <b>4. Semester</b> | <b>6. Semester</b> | <b>Gesamt</b> |
|------|--------------------|--------------------|---------------|
| Wien | 37                 | 29                 | 66            |
| Graz | 16                 | 28                 | 44            |
|      | 53                 | 57                 | 110           |

### *Analyse und Ergebnisse*

Die Antworten wurden in Teilen von zwei FachdidaktikerInnen getrennt voneinander codiert und diskursiv zur Übereinstimmung gebracht. Dabei wurde ein zunächst deduktives Kategoriensystem induktiv erweitert. Bei der Analyse der Ergebnisse wurden die Kohorten der beiden Universitäten gesammelt betrachtet, da sich keine signifikanten Unterschiede im Antwortverhalten zwischen den Standorten Graz und Wien zeigten.

Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse der Analyse der Fragen 1-3 der Vorstudie zusammengefasst dargestellt:

Frage 1:

- Schülervorstellungen werden von Studierenden hauptsächlich als Fehlvorstellungen beschrieben, welche mittels Konfrontation korrigiert werden können.
- Schülervorstellungen können gänzlich eliminiert werden.
- Die Beschreibungen des Begriffs Schülervorstellung sind sehr breit gefächert (siehe Abb.1). Die Studierenden bedienen sich in der Antwort verschiedenster Möglichkeiten den Begriff Schülervorstellung zu elementarisieren. So gehen die Studierenden bei ihren Beschreibungen auf die „TrägerInnen“, die Eigenschaften, die Quellen und vereinzelt sogar auf den Umgang mit Schülervorstellungen ein. Dabei verwenden die Studierenden meist zwei bis drei verschiedene Möglichkeiten.

- Die Darstellung mittels einer Netzwerkanalyse lässt die Vermutung eines fragmentierten Schülervorstellungsbegriffs bei Studierenden zu (siehe Diagramm 2).

Fragen 2 und 3:

- Schülervorstellungen werden vor allem SchülerInnen zugeordnet.
- Die Mehrheit antwortet auf die Frage nach Personen mit Schülervorstellungen „Alle“ und auf die Frage nach Personen ohne diese „Keiner“. Überraschend ist hier, dass sehr wenige beide Antworten kombinieren, obwohl sie einander bedingen würden.

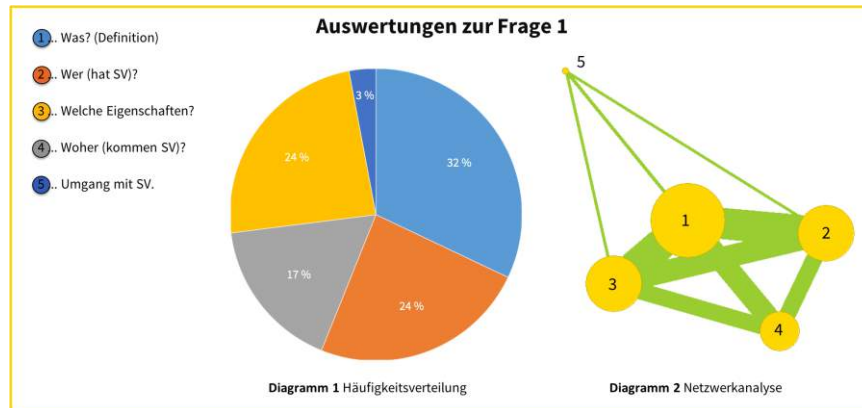


Abb. 1

Die Ergebnisse decken sich mit Hinweisen aus den Arbeiten von Krumphals (2017) und Renner (2018) und stimmen mit der aus der Theorie abgeleiteten Forschungslücke überein.

### Delphi-Studie

Aufgrund der empirischen Hinweise des Bedarfs einer Klärung des Begriffs der Schülervorstellung erscheint eine Delphi-Studie innerhalb der Community der Physikdidaktik sinnvoll. Zielsetzung der Erhebung ist eine gängige Definition des Konzepts Schülervorstellungen aus der Lehrperspektive in der Hochschuldidaktik zu untersuchen. Den Grundpool der Stichprobe bilden zunächst alle fachdidaktischen Arbeitsgruppen im deutschsprachigen Raum, eingeschränkt auf Physik, um zunächst in diesem Bereich einen Konsens zu erzielen. Die Zielgruppe beschränkt sich vorerst auf ProfessorInnen und Post-Docs, die eine Einladung zur Teilnahme an der Delphi-Studie erhalten.

### Studiendesign

Als Studiendesign wurde die „klassische“ Delphi Befragung (Häder, 2009) gewählt und umfasst drei Befragungsrunden. Dabei werden die TeilnehmerInnen in der ersten Runde mittels Onlinebefragung gebeten ihre Konzeptualisierungen des Begriffs für die Lehre zu beschreiben. Die Dauer für die Bearbeitung wird bei etwa einer Stunde liegen. Aus diesen ersten Daten wird nach einer inhaltsanalytischen Untersuchung eine erste Formulierung einer „Definition“ des Begriffs Schülervorstellung durch das Projektteam erarbeitet. Diese wird in der zweiten Befragungsrunde den TeilnehmerInnen zur Verfügung gestellt und die Möglichkeit gegeben den Vorschlag zu kommentieren, aber auch eigene Vorschläge einzubringen. Die Rückmeldungen der zweiten Runde werden wiederum analysiert und in eine erste Endversion einer Begriffsdefinition eingearbeitet. Diese Endversion wird nun in einer dritten Runde vergemeinschaftet und, sollte dies notwendig sein, diskursiv Konsens durch die TeilnehmerInnen hergestellt. Die Erwartungen an die Ergebnisse der Studie sind eine einheitliche Begrifflichkeit, die es Studierenden erleichtert Schülervorstellungen als Konzept zu verstehen.

### Literatur

- Duit, R., & Treagust, D. F. (2012). Conceptual change: Still a powerful framework for improving the practice of science instruction. In K. C. T. Tan & M. Kim (Eds.), *Issues and Challenges in Science Education Research* (pp. 43–54). Heidelberg: Springer.
- Häder, M. (2009). Delphi-Befragungen: Ein Arbeitsbuch. Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Krumphals, I. (2017). Vorstellungen von Physiklehramtsstudierenden zu Physikunterricht und Studium. Dissertation. Universität Wien.
- Niedderer, H., & Schecker, H. (1992). Towards an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*, 74–98.
- Rath, V. (2016). Fachpraktische Ausbildung von Paderborner Physiklehramtsstudenten. Entwicklung, Implementierung und Evaluation eines neuen Lehrkonzepts für das Praktikum 'Schulphysik I' im Haupt- und Realschulstudiengang Physik. *die hochschullehre*, 2, 1-26.
- Rath, V. (2017): Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften - Modellierung, Testinstrumententwicklung und Erhebung der diagnostischen Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik. Logos.
- Renner, M. (2018). Professionswissen von Physik-Lehramtsstudierenden im Bereich Mechanik. Diplomarbeit. Universität Graz.
- Schecker, H. (1986). Schülerinteressen und Schülervorstellungen zur Mechanik (SII). *physica didactica*, 13(2/3), 21-33.
- Wodzinski, R. (1996). *Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht*: Lit.
- Wodzinski, R. (2006). *Lernschwierigkeiten erkennen - verständnisvolles Lernen fördern: Beschreibung des Naturwissenschaftsmoduls G4. SINUS-Transfer Grundschule*. Kiel.

## Ein Instrument zur Erhebung von Schülervorstellungen über Energie

### Motivation

Für die Entwicklung eines tieferen Verständnisses eines fachlichen Konzepts bei Schülerinnen und Schülern ist das Wissen über bereits vorhandene Schülervorstellungen oder Präkonzepte äußerst relevant (Schecker et al. 2018). Bei dem physikalischen Basiskonzept Energie zeigten Untersuchungen in den 1980er Jahren primäre Assoziationen mit Treibstoffen (Duit 1986), ebenso ließen sich die den Assoziationen zugrundeliegenden Rahmenkonzepte mittels Interviewstudien (Watts 1983) kategorisieren. Neuere Untersuchungen zeigen, dass sich sowohl die Assoziationen mit dem Begriff Energie als auch die darunterliegenden Rahmenkonzepte inzwischen gewandelt haben (Crossley & Staraschek 2009, Burger 2001, Behle & Wilhelm 2017). So zeigen Schülerinnen und Schüler heute beispielsweise primär Assoziationen mit elektrischem Strom und auch mit dem Themenkomplex Erneuerbare Energien. Gleichzeitig deutet eine neuere Interviewstudie (Behle & Wilhelm 2016 & 2017) darauf hin, dass es eine kontextabhängige Koexistenz mehrerer Rahmenkonzepte zur Energie bei den Schülerinnen und Schülern geben könnte. Auf Basis der vorausgehenden Interviewstudie wurde nun ein Testinstrument zur Analyse von Rahmenkonzepten zur Energie entwickelt, das alle diese Rahmenbedingungen berücksichtigt und letztlich die Frage beantworten soll, ob sich die Rahmenkonzepte der Schülerinnen und Schüler durch den Besuch einer außerschulischen Lerngelegenheit zum Thema Energie positiv beeinflussen lassen.

### Verwendete Rahmenkonzepte

Rahmenkonzepte oder „Frameworks“ fassen häufig verwendete Argumentations-, Erklärungs- und Gedankenmuster von Schülerinnen und Schülern zu übergeordneten Konzepten zusammen, die durch verbindende Aspekte definiert werden. Sie bilden somit einen Ausschnitt aus der Tiefenstruktur der Schülervorstellungen ab. Die zur Entwicklung des Testinstruments verwendeten Rahmenkonzepte zur Energie entstammen grundsätzlich der Interviewstudie zu den „Energy Frameworks“ von Watts aus dem englischsprachigen Raum. Um die Übertragbarkeit auf den deutschsprachigen Raum und die Aktualität der Rahmenkonzepte zu überprüfen, wurde zunächst eine Interviewstudie durchgeführt (Behle & Wilhelm 2016 & 2017), durch die nach der deduktiven Überprüfung zwei weitere Rahmenkonzepte induktiv abgebildet werden konnten, sodass das finale Kodiermanual auf neun Kategorien zu den Rahmenkonzepten erweitert werden musste. Folgende Rahmenkonzepte finden daher in der Studie Verwendung:

- Anthropozentrische Energie (Lebensenergie, menschenzentriert, gefühlorientiert)
- Gelagerte Energie (Energieformen, in Energieträgern vorhanden, verbrauchbar)
- Funktionale Energie (von Menschen für Menschen gemacht, künstlich erschaffen)
- Produzierte Energie (Nebenprodukt, zusätzliche Emission)
- Energie als Zutat (Inerter, latenter Inhaltsstoff, nur durch Vorgänge herauslösbar)
- Energie als Aktivität (Aktivität = Energie, nur in der Bewegung vorhanden)
- Energie als Katalysator (*neu*; Energie als trägerloser Antrieb für Vorgänge)
- Transferierte Energie (Fluss zwischen Systemen, verschiedene Formen, Umwandlung)
- Partiiell transferierte Energie (*neu*; Energieformen, Umwandlung, kein stringenter Fluss)



### Entwicklung des Testinstruments

Zur Untersuchung der Veränderung in den Rahmenkonzepten der Workshopteilnehmenden wurden aus den Aussagen der Schülerinnen und Schüler in den Interviews sowie einigen zentralen Aussagen der Rahmenkonzepte aus dem Kodiermanual ein Testinstrument entwickelt, das sich derzeit in der Auswertung der Pilotierungsphase befindet. Die Einleitung des Testhefts besteht aus 23 einzelnen, allgemeinen Aussagen (bsp. „Energie kommt **nicht** in der Natur vor, sie wird von Menschen für Menschen gemacht“), die die Teilnehmenden in einer zweistufigen Likertskala mit der Option zur Enthaltung bewerten sollen. Zusätzlich besteht ein Gesamtpool von insgesamt 19 kontextualisierten Aufgaben, aus denen zwei äquivalente Testhefte mit jeweils elf Aufgaben und der allgemeinen Einleitung entwickelt wurden. Da von heterogenen Vorerfahrungen mit dem Thema „Energie“ auszugehen ist, wurden die Aufgaben an den Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler orientiert. Um der aufgrund der Ergebnisse der Interviewstudie und dem Phänomen der Fragmentierung bzw. Erklärungsvielfalt (diSessa 1988, Hartmann 2004) zu erwartenden Koexistenz verschiedener Rahmenkonzepte gerecht zu werden, bestehen die Aufgaben aus mehreren Teilfragen, so dass das Vorhandensein eines Rahmenkonzepts aus einer Kombination verschiedener Antwortmöglichkeiten hergeleitet wird. Die Aufgaben bestehen dabei aus einer kurzen Vorstellung des Kontexts (bsp. „Schwimmwettbewerb“ oder „Windenergieanlage“) sowie verschiedenen Aussagen zu dem Kontext, denen entweder mit „richtig“ zugestimmt wird oder die mit „falsch“ abgelehnt werden. Abb. 1 zeigt beispielhaft am Kontext „Autofahrt“, wie zwei der sechs mit dieser Aufgabe abbildbaren Rahmenkonzepte über unterschiedliche Antwortkombinationen ermittelt werden können. Dabei ist die Möglichkeit gegeben, dass aus einer beliebigen Antwortkombination in einer Aufgabe auch mehrere Rahmenkonzepte abgeleitet werden können. Die Kombinationen werden im nächsten Schritt in dichotome Variablen kodiert, die Vorhandensein oder Abwesenheit eines bestimmten Rahmenkonzepts aufzeigen.

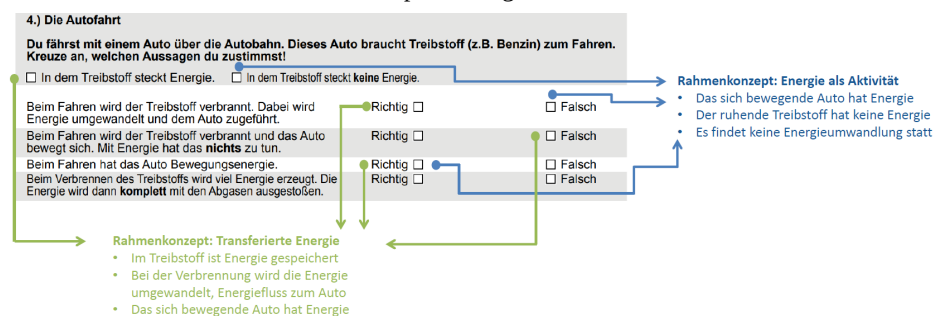


Abb. 1: Zwei mögliche Rahmenkonzepte beim Item „Autofahrt“ aus Testheft „A“

Zur Inhaltsvalidierung wurden die Testhefte in einer weiteren Interviewstudie mit Hilfe der Methode des „Lauten Denkens“ überprüft, wobei eine Validität angenommen wurde, wenn Aussagenkombination und Interview zum gleichen Ergebnis führten. Aufgrund von Diskrepanzen wurden schließlich die Aufgaben angepasst oder in ihrer Auftretensreihenfolge verändert, um kontextuellen Reihungseffekten entgegenzuwirken. Eine Aufgabe aus Testheft „B“ wurde dabei komplett ersetzt, da die kontextuelle Äquivalenz nicht gewährleistet war.

### Pilotierung des Testinstruments

Zur Pilotierung wurden die beiden Testhefte jeweils losgelöst von der Durchführung des Workshops mit Schülerinnen und Schülern überprüft, dabei sollte die Stichprobe möglichst der zu erwartenden Zielgruppe äquivalent sein. Die Stichprobe bestand daher bei dem bisher ausgewerteten Testheft „A“ aus 89 hessischen Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 8 bis 10 ( $M = 8,4$ ;  $SD = 0,5$ ), wovon wiederum 41 weiblich und 44 männlich waren. Davon

besuchten 47 ein Gymnasium, 29 eine Realschule, 11 eine Gesamtschule und je eine Person eine Haupt- und eine Förderschule. 64 der Teilnehmenden gaben an, das Thema „Energie“ bereits im Unterricht behandelt zu haben. Wie bereits aus der Interviewstudie zu erwarten war, zeigte sich bei den Teilnehmenden oftmals eine Koexistenz verschiedener Rahmenkonzepte, sowohl innerhalb einer Aufgabe, als auch zwischen verschiedenen Aufgaben. Dabei schwankten die Anzahl der pro Aufgabe aufgetretenen Rahmenkonzepte zwischen 0 und 4, wobei pro Aufgabe maximal zwischen 3 und 7 verschiedene Rahmenkonzepte abbildbar sind. Es zeigte sich auch, dass die Schülerinnen und Schüler in der Mehrzahl zwar genau ein Rahmenkonzept pro Aufgabe zeigten, dies jedoch nicht für eine einzelne Person stringent war, so dass dieselbe Testperson über alle Aufgaben hinweg immer unterschiedlich viele Konzepte aufwies (siehe Tab. 1).

|    | kein Rahmen-konzept | 1 Rahmen-konzept | 2 Rahmen-konzepte | > 3 Rahmen-konzepte |
|----|---------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| M  | 13,7                | 42,2             | 24,8              | 5,5                 |
| SD | 11,5                | 14,7             | 18,5              | 6,3                 |

Tab. 1: Wie viele Personen haben durchschnittlich pro Aufgabe wie viele Rahmenkonzepte gezeigt?

Die durchschnittlich am häufigsten auftretenden Rahmenkonzepte sind dabei Transferierte Energie ( $M = 39,5$ ) sowie Anthropozentrische Energie ( $M = 29,0$ ) und Partiiell Transferierte Energie ( $M = 22,6$ ). Im Mittel zeigten die Schülerinnen und Schüler  $M = 1,4$  ( $SD = 0,5$ ) Rahmenkonzepte pro Aufgabe. Dabei scheint eine vorangegangene Behandlung des Themas „Energie“ im Unterricht kaum einen signifikanten Einfluss auf die Ausprägung des „physikalisch korrektesten“ Rahmenkonzepts zu haben, lediglich bei der Aufgabe „Fahrraddynamo“ zeigt sich eine statistisch signifikante Korrelation. Aufgrund der Annahme der kontextabhängigen (In-)Stabilität von Rahmenkonzepten (Chu & Treagust 2014) und der daher zu erwartenden statistischen Unabhängigkeit war zudem die Frage zu klären, inwiefern sich die verschiedenen dichotomen Variablen der Rahmenkonzepte zu einer gemeinsamen Skala zusammenfassen lassen. Wie zu erwarten war, scheinen hierbei die meisten Variablen nicht zu einer Skala zusammenfassbar zu sein und dementsprechend kontextabhängig zu sein. Die Variablen des Rahmenkonzepts Funktionale Energie lassen sich jedoch in drei Aufgaben (Wind, Erdbeben, Pflanze) zu einer schwach konsistenten Skala (Cronbach's  $\alpha$ : .510) zusammenfassen. Besser skalieren lassen sich die Variablen der Konzepte Anthropozentrische Energie (Cronbach's  $\alpha$ : .647) in vier Aufgaben (Wettrennen, Mittelalter, Erdbeben, Fahrraddynamo) sowie Transferierte Energie (Cronbach's  $\alpha$ : .686) in neun von insgesamt elf Aufgaben.

### Fazit

Das Testheft scheint geeignet zu sein, die Rahmenkonzepte der Teilnehmenden zu erfassen. Wie auch in der Interviewstudie scheint bei vielen Schülerinnen und Schülern ein physikalisch anschlussfähiges Rahmenkonzept vorhanden zu sein. Dabei ist jedoch zu beachten, dass neben diesen für den Unterricht durchaus wertvollen Konzepten in denselben Aufgaben sehr häufig weitere Rahmenkonzepte, darunter oftmals auch eine anthropozentrische Vorstellung, vorhanden sind. Erfreulich ist dabei, dass das physikalisch anschlussfähigste Rahmenkonzept gleichzeitig das über alle Aufgaben stabilste zu sein scheint.

### Ausblick

Aufgrund einiger systematisch aufgetretener Missing Values wird das Testinstrument vor Start der Hauptstudie noch einmal in minimalen Details überarbeitet. Ebenso findet aktuell die vollständige Auswertung der Pilotierung von Testheft „B“ statt. Das Testinstrument soll dann in einer Studie zur Untersuchung der Wirkung eines außerschulischen Workshops zum Thema Energie im Prä-Post-Design eingesetzt werden.

### Literatur

- Behle, J., & Wilhelm, T. (2016). Energie für die Insel – Ein Experimentierworkshop mit „Neuen Technologien“. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/678/815>
- Behle, J., & Wilhelm, T. (2016). Schülervorstellungen im Wandel der Zeit. In: Maurer, C. (Hrsg.): *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, Jahrestagung der GDGP in Zürich 2016*, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 37, Universität Regensburg, S. 146-149.
- Behle, J., & Wilhelm, T. (2017). Aktuelle Schülerrahmenkonzepte zur Energie. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Burger, J. (2001). Schülervorstellungen zu „Energie im biologischen Kontext“ – Ermittlungen, Analysen und Schlussfolgerungen. Dissertation Universität Bielefeld.
- Chu, H.-E., & Treagust, D. (2014). Secondary Students' Stable and Unstable Optics Conceptions Using Contextualized Questions. *Journal of Science Education and Technology*.
- Crossley, A., Hirn, N., & Staraschek, E. (2009). Schülervorstellungen zur Energie – Eine Replikationsstudie. In: Nordmeier, V. & Grötzebach, H. (Hrsg.), *Didaktik der Physik - Bochum 2009*, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin.
- Duit, R. (1986). Der Energiebegriff im Physikunterricht. Habilitationsschrift. Universität Kiel.
- Duit, R. (2007). Energie: Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 18(5), S. 4-7.
- diSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. In: Forman, G., & Pufall, P., *Constructivism in the Computer Age*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, S. 49–70.
- Hartmann, S. (2004). Erklärungsvielfalt. In: *Studien zum Physiklernen Bd. 37*, Berlin: Logos-Verlag.
- Mandl, H; Gruber, H., & Renkl, A (1993). Lernen im Physikunterricht. Brückenschlag zwischen wissenschaftlicher Theorie und menschlichen Erfahrungen? (LMU Forschungsbericht Nr. 19).
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (Hrsg.) (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*, Springer-Spektrum.
- Watts, D. (1983). A study of alternative frameworks in school science. Dissertation, University of Surrey.

Diana Zeller<sup>1</sup>  
 Claudia Bohrmann-Linde<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eberhard-Karls-Universität Tübingen

## **Forschung trifft Schule – Ergebnisse des Mentoring-Projekts ALSO-TiO<sub>2</sub>**

### **Einleitung**

Zusammen mit dem Kepler-Gymnasium in Tübingen wurde das Mentoring-Projekt „ALSO-TiO<sub>2</sub> – Alternative Solarzellen auf Basis von Titandioxid nach einer einjährigen Pilotphase (2016/2017) bereits im zweiten Jahr (2017/2018) erfolgreich durchgeführt (Bohrmann-Linde & Zeller, 2017). Besonders interessierte und leistungsbereite Schüler/innen der Jahrgangsstufen 10 bis 12 wurden im Projekt mit Lehramtsstudierenden des Fachs Chemie zu Micro-Teaching-Teams zusammengeführt. Inhaltlicher Schwerpunkt des Projekts war die vertiefte Auseinandersetzung mit dem Energiebegriff und dem Thema Solarzellen. Die Lehramtsstudierenden befassten sich ebenso mit für sie neuen innovativen Inhalten und begleiteten den Forschungsprozess der Schüler/innen.

### **Solarzellen im Chemieunterricht**

Die natürlichen Energieressourcen sind begrenzt und insbesondere in Hinblick auf eine wachsende Weltbevölkerung mit einem entsprechenden Anstieg des Weltenergiebedarfs muss für eine nachhaltige Lösung der Energiefrage nach alternativen Energiequellen gesucht werden. Als eine vielversprechende Lösung wird die Photovoltaik gesehen. Mit ihr gelingt es, die in menschlichen Dimensionen betrachtet unerschöpfliche Energie der Sonne in elektrische Energie umzuwandeln (Kabir et al., 2018). In der Chemie entwickelte sich in den letzten Jahrzehnten die Solarzellentechnologie zu einem der wichtigsten Forschungsthemen. Aus diesem Grund verwundert es, dass Solarzellen in den Bildungsplänen der Bundesländer größtenteils nur Teil des Physikunterrichts sind.

Zwar sind die Themen Nachhaltigkeit, Solarzellen und Halbleiter deutschlandweit in den Schulcurricula verankert, aber nur in wenigen Bundesländern ist das Thema Solarzellen als obligatorischer oder fakultativer Inhalt im Chemieunterricht vorgesehen. Dabei gelingt es durch die Beschäftigung mit diesem zukunftssträchtigen Thema, dass Schüler/innen ein interdisziplinäres fachwissenschaftliches Verständnis aufbauen. Die Leitperspektive „Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)“ bietet hierfür einen idealen Anknüpfungspunkt. Auch eröffnen Solarzellen im Chemieunterricht einen Einblick in die Forschungsbereiche der Chemie und eine mögliche berufliche Perspektive.

### **Alternative Solarzellen mit Titandioxid**

Seit vielen Jahren sind in Schulen Solarzellenmodule aus dem Halbleiter Silicium zu finden, mit denen die Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie demonstriert werden kann. Allerdings bleiben die Prozesse in der Zelle für Schüler/innen eine „blackbox“, da diese Module durch die Schüler/innen nicht selbst zusammengebaut werden können. Die alternativen Solarzellen mit dem Halbleiter Titandioxid hingegen können selbst zusammengebaut werden. Das ermöglicht eine experimentelle Erschließung des Themas im Chemieunterricht. In Abbildung 1 wird das mehrschrittige didaktische Konzept näher vorgestellt. Als Anknüpfungspunkt für die Integration des unbekannten Themas dient das bekannte sowie obligatorische Thema der Elektrochemie, die galvanische Zelle. Die Solarzellen mit Titandioxid werden darauf aufbauend integriert, um als didaktische Brücke zur „klassischen“ Solarzelle mit Silicium zu dienen (Bohrmann et al., 2001). Aufbauend auf das Vorwissen zur galvanischen Zelle wird zunächst in der sogenannten 2-Topfzelle die Photoelektrode mit Titandioxid als neue Komponente eingeführt. Alle anderen Komponenten der Zelle sind bereits aus der Elektrochemie bekannt. Mit dieser können

Schüler/innen durch das eigene Experimentieren die Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie beobachten. Der nächste Schritt ist die 1-Topfzelle, die anschließend auch in einer Sandwich-Variante als sogenannte Kompaktzelle umgesetzt werden kann. Um den Bogen auch zur gebäudeintegrierten Photovoltaik zu schlagen, ist es möglich, mit dem Spin-Coating-Verfahren transparente Titandioxid-Photoelektroden herzustellen und diese in transparente Solarzellen zu verbauen (Bohrmann-Linde et al., 2015). Alle unter photogalvanische Zellen zusammengefassten Aufbauten sind nur für UV-Licht sensibel und „blind“ für sichtbares Licht. Um sich weiterhin der „klassischen“ Solarzellen anzunähern, ist der nächste Schritt die photosensibilisierte Kompaktzelle. In dieser Zelle werden Farbstoff-Moleküle als „Lichtantennen“ für das Titandioxid eingesetzt. Im Gegensatz zur photogalvanischen Zelle können die photosensibilisierten Zellen dadurch auch sichtbares Licht empfangen (Bohrmann-Linde & Zeller, 2018).

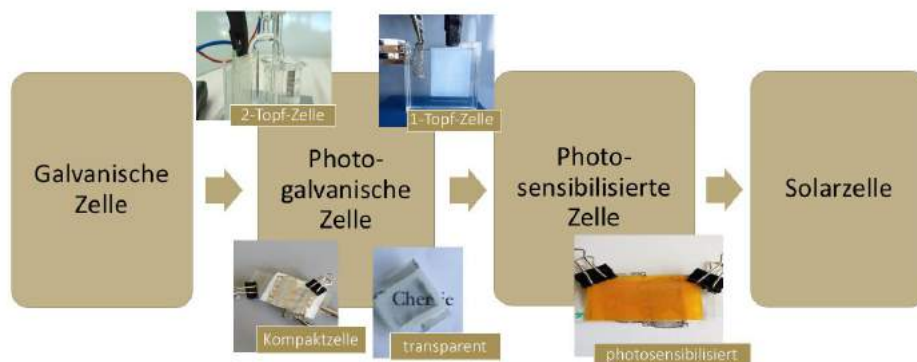


Abb. 1: Das didaktische Konzept der alternativen Solarzellen mit Titandioxid

### Ziele des Projekts und Projektdesign

Zentrales Ziel des Projekts war, dass sich die Teilnehmer/innen des Projekts mit den Themen Nachhaltigkeit, Energie und Nutzung von Lichtenergie vertieft auseinandersetzen. Die Schüler/innen und Lehramtsstudierenden sollten dafür in einen Forschungsprozess eintreten, in dem sie in den Micro-Teaching-Teams an der Bearbeitung eigener Fragestellungen zu den fachlichen Inhalten arbeiten. Als weiteres Ziel sollte die Umsetzung eigener Forschungsprojekte ein wissenschaftspropädeutisches Arbeiten ermöglichen. Die Experimentier- und Recherchefähigkeiten der Schüler/innen sollten verbessert, die kommunikativen Kompetenzen gefördert und das Interesse an Chemie sowie Naturwissenschaften geweckt werden. Letztlich sollte mit dem Projekt den Schüler/innen ein Blick in das Arbeiten in der Forschung gewährt werden, der ihnen mögliche Studien- und Berufsperspektiven aufzeigt.

Das Projektdesign orientiert sich an den typischen Phasen des naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses: Recherche, Entwicklung einer Fragestellung, die Durchführung von eigenen Forschungsprojekten und die anschließende Präsentation der Ergebnisse vor Publikum. Dabei war als Laufzeit von jeweils einem gesamten Schuljahr vorgegeben. Das Projekt beinhaltete drei aufeinander aufbauende Phasen: Eine Einführungs-, eine Forschungs- und eine Präsentationsphase (Bohrmann-Linde & Zeller, in Planung).

### Evaluation des Projekts „ALSO-TiO<sub>2</sub>“

Die beiden Laufzeiten des Projekts wurden durch eine Evaluation durch insgesamt fünf Fragebögen begleitet, die jeweils zu Beginn und am Ende der Laufzeit durchgeführt wurde. Mit der Evaluation sollten die Zielsetzungen im Laufe des Projekts überprüft werden. Der

Stichprobenumfang der ersten Laufzeit des Projekts ALSO-TiO<sub>2</sub> 2016/2017 lag bei n=13 mit drei Schülerinnen und zehn Schülern sowie in der zweiten Laufzeit 2017/18 mit zwei Schülerinnen und zehn Schülern bei n=12.

Für die Ermittlung von Präkonzepten in Fragebogen I hatten die teilnehmenden Schüler/innen die Aufgabe, eine Mindmap mit dem Überbegriff „Solarzellen“ mit dazu passenden Begriffen zu ergänzen. In beiden Laufzeiten zeigt sich in den genannten Items, dass ein eher globales Grundwissen mit nur geringen Kenntnissen über Materialien und Funktionsweise vorliegt. Der Vergleich mit Mindmaps, die am Ende der Laufzeit erstellt wurden, offenbart dagegen, dass die Anzahl an Items und Fachbegriffen sich verdoppelt hat. Mit Fragebogen III wurde unter anderem das Vorwissen der Schüler/innen zu Ladungsträgern erfragt. Dieses Wissen ist zentral, um sich die Prozesse im Halbleiter Titandioxid bei Bestrahlung mit UV-Licht erschließen zu können. Das zweite Item des Fragebogens soll hier näher vorgestellt werden. Bei dem Item handelt es sich um eine Tabelle mit Text- und Zeichnungsfeldern, in die die Schüler/innen die Ladungsträger von den Materialklassen Metall, Halbleiter und Salzlösung eintragen und zeichnen mussten.

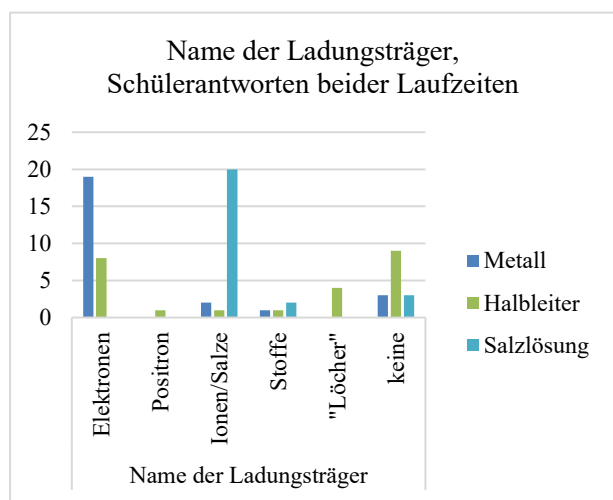


Abb. 2: Schülerantworten zu den Ladungsträgern in Metall, Halbleiter oder Salzlösung

Abbildung 2 zeigt die Nennungen der Ladungsträger in Metallen, Halbleitern und Lösungen aus beiden Laufzeiten. Deutlich wird, dass die Ladungsträger in Metallen (Elektronen) und in Salzlösungen (Ionen) von circa 80% der Schüler/innen richtig benannt werden können. Dagegen zeigt sich, dass bei der Nennung der Ladungsträger in Halbleitern eine große Unsicherheit herrscht. Durch keine Schülerin oder durch keinen Schüler werden Elektron-Loch-Paare als Ladungsträger im Halbleiter richtig benannt. Das fehlende Vorwissen zeigt sich auch in den Zeichnungen

der Ladungsträger in den Stoffportionen. 80% der Schüler/innen zeichneten keine Ladungsträger in den Halbleiter, wobei 60% in den anderen Materialklassen auch keine Zeichnung anfertigten.

Am Ende der Laufzeit wurden die Schüler/innen in Fragebogen V durch Likert-Skalen zu ihren Experimentierfähigkeiten und der Berufsorientierung befragt. Bei der Selbsteinschätzung fühlten sich 80% der Schüler/innen nach dem Projekt besser in der Lage, ein Experiment selbst zu planen und durchzuführen. Auch gaben 64 % an, dass sie am Ende des Projekts besser aus Versuchsergebnissen neue Erkenntnisse ziehen können. In Hinblick auf die Berufsorientierung ließ sich feststellen, dass 70% der Teilnehmer/innen sich eine berufliche Zukunft in den Naturwissenschaften vorstellen können. Weitere 45% führten als eine berufliche Perspektive den Bereich Chemie an.

### Literatur

- Bohrmann, C.; Twellmann, M.; Tausch, M. W. (2011). Vom galvanischen Element zur Solarzelle. Lichtgetriebene elektrochemische Prozesse im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 6(66), 12-16.
- Bohrmann-Linde, C.; Spinnen, S.; Sahling, P. (2015). "Von der Babywindel zur transparenten Solarzelle – neue photogalvanische Zellen mit Nano-Titandioxid", *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 64(1), 10-15.
- Bohrmann-Linde, C.; Zeller, D. (2017). Solarzellen ohne Silicium für den Chemieunterricht. *Nachrichten aus der Chemie*, 65, 1236-1239.
- Bohrmann-Linde, C.; Zeller, D. (2018). Photosensitizers for photogalvanic cells in the chemistry classroom. *World Journal of Chemical Education*, 6(1), 36-42. Kirchner und Priemer
- Bohrmann-Linde, C.; Zeller, D. (in Planung), Alternative Solarzellen mit Titandioxid. Ein Mentoring-Projekt der Chemiedidaktik Tübingen.
- Kabir, E.; Kumar, P.; Kumar, S.; Adelodun, A.; Kim, K. (2018), Solar energy: Potential and future prospects, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82 (1), 894-900.

## Todsicher oder sicher tot? Risikowahrnehmung von Schüler\*innen im Themenfeld der Radioaktivität

### Einleitung

Chancen und Risiken der Anwendungen von Radioaktivität und ionisierender Strahlung in Technik, Medizin und Industrie werden vermutlich ebenso emotional und kontrovers diskutiert wie die friedliche Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung und die Frage nach der Endlagerung der dabei anfallenden hochradioaktiven Abfälle. Wie wir allerdings Risiken wahrnehmen und einschätzen, ist höchst subjektiv und wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst (Jungermann & Slovic, 1993; Slovic, 2010); unter anderem auch davon, was wir über die potenziellen Risikoquellen wissen (Schrader & Bolte, 2018). Bis heute wurden zahlreiche psychologische Studien zur Risikowahrnehmung und -bewertung veröffentlicht, die auf eine Vielzahl der Faktoren fokussieren, die die Risikowahrnehmung und -bewertung offensichtlich determinieren (vgl. Fischhoff u.a., 1978; Slovic, 1987; Jungermann & Slovic, 1993). Die Risikowahrnehmung von Schüler\*innen wurde dagegen bislang nur sehr selten systematisch untersucht (vgl. Benthin u.a., 1993; Simmonneaux u.a., 2013). Ziel unserer Studie ist es daher zu eruieren, wie Schüler\*innen bestimmte Risiken wahrnehmen und welche Faktoren ihre Risikowahrnehmung beeinflussen. Dabei fokussieren wir auf die Risikowahrnehmung im Bereich der Anwendung von Radioaktivität und ionisierender Strahlung.

### Theoretischer Hintergrund

Für unsere Studie nutzen wir das derzeit wohl bekanntesten Modell der Risikowahrnehmungsforschung, das auch als *psychometrisches Paradigma* bezeichnet wird (vgl. Jungermann & Slovic, 1993); ein Modell, das maßgeblich durch Arbeiten von Slovic, Fischhoff, Liechtenstein und Kollegen geprägt wurde (Slovic 1987; Fischhoff u.a., 1987; Slovic, Fischhoff & Liechtenstein, 1985). Erklärtes Ziel dieses Ansatzes ist es, eine Art mentale Landkarten („cognitive maps“) der Risikowahrnehmung zu rekonstruieren (Slovic, 1987, 281), um zu verstehen „what people mean when they say that something is (or is not) 'risky', and to determine what factors underlie those perceptions“ (Slovic 1987, 280).

Im Regelfall werden die Proband\*innen gebeten, ausgewählte Risikoquellen (**Rq**; z.B. Rauchen, Kernkraft, Chemieanlagen) hinsichtlich ihrer „Riskantheit“ einzuschätzen. Außerdem sind sie gefordert, jede Risikoquelle auch hinsichtlich bestimmter Risikomerkmale (**Rm**; z.B. Bekanntheit des Risikos, Freiwilligkeit der Risikoübernahme, Katastrophenpotential) zu beurteilen (Jungermann & Slovic, 1993; Wiedemann, 1996; Abb. 1).

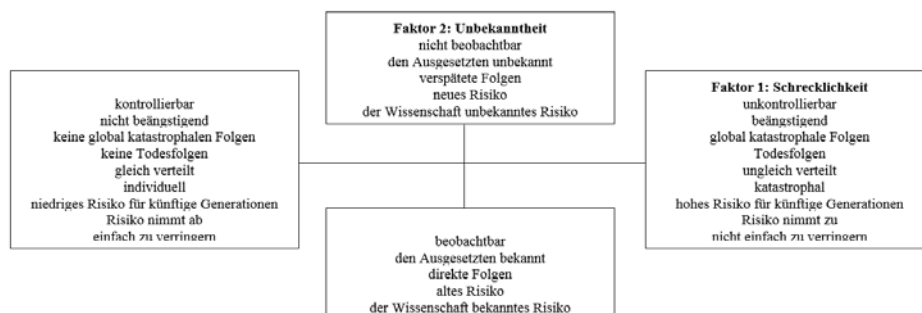


Abbildung 1: Risikomerkmale in Anlehnung an Slovic (1987, 282)



Auf diese Weise lässt sich für jede Risikoquelle ein spezifisches Risikoprofil rekonstruieren (Wiedemann, 1996; Jungermann & Slovic, 1993; Slovic 2000; Zwick & Renn, 2002). Psychometrische Untersuchungen belegen, dass so objektivierbare Zusammenhänge zwischen den eingeschätzten Risikomerkmale und der Einschätzung ihrer Riskantheit rekonstruierbar werden (z.B. werden Risiken, die „freiwillig“ herbeigeführt werden (z.B. Rauchen) niedriger eingeschätzt werden, als solche, die als „unfreiwillig“ oder „unvermeidbar“ erscheinen (z.B. Passivrauchen) (Slovic 1987; Fischhoff u.a., 1987; Slovic, Fischhoff & Liechtenstein, 1985).

### Fragestellung

Ausgehend von der Zielsetzung dieser Arbeit (s.o.) haben wir unterschiedliche Fragen untersucht; im Zentrum dieses Beitrags stehen zunächst die folgenden:

- Für wie riskant halten Schüler\*innen der 10. Jahrgangsstufe bestimmte Risikoquellen?
- Inwiefern lassen sich Zusammenhänge zwischen den Risikoeinschätzungen und den ausgewählten Risikomerkmale erkennen?

### Methode

Zur Beantwortung der Fragen haben wir – dem psychometrischen Ansatz zur Risikowahrnehmungsanalyse von Slovic (1987) folgend – einen Fragebogen konstruiert. Im Zuge der Befragung werden die Schüler\*innen gebeten, sechs Risikoquellen (**Rq1** – **Rq6**, s. Tab.1) aus dem Bereich Radioaktivität und ionisierende Strahlung (z.B. **Rq3** bestrahlte Lebensmittel essen) hinsichtlich ihrer Riskantheit sowie hinsichtlich acht verschiedener Risikomerkmale (**Rm1** – **Rm8**; z.B. **Rm1** Angst, **Rm2** Kontrollierbarkeit, **Rm3** Vermeidbarkeit) einzuschätzen. Für die Einschätzungen stehen zehnstufige endpunktbenannte Rating-Skalen zur Verfügung. Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgt zunächst mittels deskriptiv- und korrelationsstatistischer Analysen.

### Stichprobe

Der Fragebogen wurde im Schuljahres 2017/18 in zehn Klassen der 10. Jahrgangsstufe aus vier Berliner Schulen unterschiedlicher Schulformen (Gymnasium, Gesamtschule) eingesetzt. Insgesamt nahmen 251 Schüler\*innen ( $M_{Alter} = 15,60$ ,  $SD_{Alter} = 0,66$ ) an der Studie teil.

### Ergebnisse

#### Einschätzungen zur jeweiligen „Riskantheit“ der sechs ausgewählten Risikoquellen

In der Tabelle 1 sind die mittleren Risikoeinschätzungen der sechs Risikoquellen aufgelistet. Da die Daten zu den Risikoeinschätzungen keine Normalverteilung aufweisen (überprüft durch Kolmogorov-Smirnov-Test, *ohne Abb.*), haben wir die sechs Risikoquellen in Tabelle 1 ihren Medianen entsprechend in eine Rangordnung gebracht (die Risikoquelle (**Rq**) mit dem höchsten Median steht an erster Rangposition).

| Risikoquellen                                                        | <i>N</i> | <i>M<sub>d</sub></i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>Var</i> |
|----------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|----------|-----------|------------|
| <b>Rq1</b> Radioaktiv belastete Lebensmittel essen                   | 246      | 7,00                 | 6,64     | 2,30      | 5,30       |
| <b>Rq2</b> In der Nähe eines Kernkraftwerks wohnen                   | 250      | 6,00                 | 6,06     | 2,45      | 5,98       |
| <b>Rq3</b> Sonnenbäder nehmen                                        | 250      | 6,00                 | 5,68     | 2,15      | 4,61       |
| <b>Rq4</b> Radioaktive Stoffe zur Diagnose von Krankheiten einnehmen | 244      | 5,00                 | 5,34     | 2,24      | 5,01       |
| <b>Rq5</b> Bestrahlte Lebensmittel essen                             | 245      | 5,00                 | 4,83     | 2,50      | 6,27       |
| <b>Rq6</b> Röntgenuntersuchungen erhalten                            | 247      | 4,00                 | 4,09     | 2,29      | 5,26       |

Tabelle 1: Mittlere Risikoeinschätzungen der sechs Risikoquellen geordnet nach dem Median (*N* = Anzahl gültiger Fälle, *M<sub>d</sub>* = Median, *M* = arithmetischer Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, *Var* = Varianz)

Aus Tabelle 1 geht hervor, dass die Schüler\*innen die sechs Risikoquellen differenziert und als durchaus unterschiedlich riskant beurteilen. Im Mittel (Median) schätzen die Schüler\*in-

nen den *Verzehr radioaktiv belasteter Lebensmittel (Rq1,  $M_d = 7$ )* am riskantesten ein. Die *Einnahme radioaktiver Stoffe zur Diagnose von Krankheiten (Rq4,  $M_d = 5$ )* nimmt eine mittlere Position ein. *Röntgenuntersuchungen (Rq6,  $M_d = 4$ )* wurden von den Schüler\*innen am wenigsten riskant eingeschätzt (Tab.1). Die Unterschiede zwischen den drei Risikoquellen (**Rq1, Rq4, Rq6**) sind statistisch signifikant (Wilcoxon-Test:  $p \leq 0,001$ , ohne Abb.). Die in der Rangfolge direkt benachbarten Risikoquellen unterscheiden sich ebenfalls (mit Ausnahme der Risikoquellen **Rq2** „In der Nähe eines Kernkraftwerks wohnen“ und **Rq3** „Sonnenbäder nehmen“) statistisch signifikant voneinander (Wilcoxon-Test:  $p \leq 0,001$ , ohne Abb.).

#### Zusammenhänge zwischen Risikoeinschätzungen und Risikomerkmalen

Die korrelationsstatistischen Analysen belegen, dass das Angstgefühl, das mit den einzelnen Risikoquellen verbunden wird, mit der jeweils eingeschätzten Riskantheit einer Risikoquelle am stärksten korreliert (siehe z.B. Korrelationen zur Riskantheit von **Rq5** oder **Rq6**; Tab. 2).

|                                                                               |       | Rm1   | Rm2   | Rm3   | Rm4   | Rm5 | Rm6 |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| <b>Rq5 kombiniert mit Rm8: Riskantheit, bestrahlte Lebensmittel zu essen</b>  |       |       |       |       |       |     |     |
| Rm1 Beängstigend                                                              | ,67   | 1     |       |       |       |     |     |
| Rm2 Kontrollierbar                                                            | n. s. | n. s. | 1     |       |       |     |     |
| Rm3 Vermeidbar                                                                | n. s. | n. s. | n. s. | 1     |       |     |     |
| Rm4 Bekannt                                                                   | ,27   | ,20   | ,16   | ,20   | 1     |     |     |
| Rm5 Risiko-Nutzen-Verhältnis                                                  | ,31   | ,34   | -,20  | n. s. | n. s. | 1   |     |
| Rm6 Schwere der Schäden                                                       | ,57   | ,62   | n. s. | n. s. | ,30   | ,42 | 1   |
| Rm7 Schadenswahrscheinlichkeit                                                | ,69   | ,61   | n. s. | n. s. | ,20.  | ,35 | ,62 |
| <b>Rq6 kombiniert mit Rm8: Riskantheit, Röntgenuntersuchungen zu erhalten</b> |       |       |       |       |       |     |     |
| Rm1 Beängstigend                                                              | ,68   | 1     |       |       |       |     |     |
| Rm2 Kontrollierbar                                                            | n. s. | n. s. | 1     |       |       |     |     |
| Rm3 Vermeidbar                                                                | n. s. | n. s. | ,13   | 1     |       |     |     |
| Rm4 Bekannt                                                                   | ,26   | ,32   | ,17   | ,20   | 1     |     |     |
| Rm5 Risiko-Nutzen-Verhältnis                                                  | ,21   | ,15   | n. s. | ,15   | n. s. | 1   |     |
| Rm6 Schwere der Schäden                                                       | ,51   | ,59   | n. s. | n. s. | ,36   | ,21 | 1   |
| Rm7 Schadenswahrscheinlichkeit                                                | ,66   | ,56   | n. s. | n. s. | ,18   | ,27 | ,49 |

Tabelle 2: Korrelationskoeffizienten zwischen eingeschätzter Riskantheit und den Risikomerkmalen (hellgrau hinterlegte Zellen: Korrelationskoeffizienten  $\geq 0,3$  / dunkelgraue Zellen: Koeffizient  $\geq 0,5$  / n. s.: nicht signifikant)

Die höchsten Korrelationskoeffizienten sind bzgl. **Rq6 Röntgenuntersuchungen** ( $r = 0,68$ ; Tab. 2) und bzgl. **Rq4 Einnahme radioaktiver Stoffe zur Diagnose von Krankheiten** ( $r = 0,68$ ; ohne Abb.) festzustellen. Bzgl. aller sechs Risikoquellen zeigen sich jeweils statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der wahrgenommenen Wahrscheinlichkeit, gesundheitliche Schäden zu erleiden (**Rm7**), und der entsprechenden Einschätzung der Riskantheit der jeweiligen Risikoquelle (vgl. exemplarisch Tab. 2). Eher kleine Korrelationskoeffizienten sind zwischen der Riskantheitseinschätzung und der Schwere des mit der Risikoquelle verbundenen Schadens (**Rm6**) festzustellen (vgl. exemplarisch Tab. 2).

#### Zusammenfassung und Ausblick

Die befragten Schüler\*innen beurteilen die Riskantheit der sechs mit einer potentiellen Strahlenbelastung verbundenen Risikoquellen in differenzierter Weise. Bzgl. aller Risikoquellen lassen sich statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der Risikoeinschätzung einerseits und bestimmten Risikomerkmalen andererseits konstatieren. Die identifizierten Zusammenhänge sind i.d.R. von schwacher bis mittlerer Stärke. Weiterführende Analysen sollen u.a. zeigen, ob bzw. inwiefern die ausgewählten Risikomerkmale zu übergeordneten Faktoren zusammengefasst werden können und wie spezifische Fachkenntnisse die jeweilige Risikowahrnehmung und Beurteilung beeinflussen.

## Literatur

- Benthin, A., Slovic, P., Severson, H. (1993): A psychometric study of adolescent risk perception. *Journal of Adolescence*, 16 (2), 153-168
- Fischhoff, B., Slovic, P., Liechtenstein, S., Read, S., Combs, B. (1978): How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. *Policy Sciences*, 9 (2), 127-152
- Jungermann, H., Slovic, P. (1993): Charakteristika individueller Risikowahrnehmung. In B. Rück (Hrsg.), *Risiko ist ein Konstrukt* (S. 89–107). München: Kneesebeck.
- Renn, O. (1989): Risikowahrnehmung, Psychologische Determinanten bei der intuitiven Erfassung und Bewertung von technischen Risiken. In: Hosemann, G. (Hrsg.): *Risiko in der Industriegesellschaft*, Erlangen: Universitätsbibliotheksverlag Erlangen - Nürnberg, 167 – 191.
- Schrader, N., & Bolte, C. (2018). Vorstellungen vom Unsichtbaren – Schülervorstellungen zum Thema Radioaktivität und ionisierende Strahlung. In: C. Maurer (Hg.). *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven.* Universität Regensburg. (S. 780–783). [http://www.gdcp.de/images/tb2018/TB2018\\_780\\_Schrader.pdf](http://www.gdcp.de/images/tb2018/TB2018_780_Schrader.pdf) (Stand und Zugriff: 27.07.2018 – 12:00 Uhr)
- Simmonneaux, L., Panissal, N., Brossais, E. (2013): Student's Perception of Risk about Nanotechnology After an SAQ Teaching Strategy. *International Journal of Science Education*, 35 (14), 2376 – 2406
- Slovic, P. (1987): Perception of risk. *Science*, 236, 280-285
- Slovic, P. (1992): Perception of risk: Reflections on the psychometric paradigm. In: Krinsky, S., Golding, D. (Hrsg.): *Social theories of risk*. New York: Praeger, 117 – 152
- Slovic, P. (2010): *The feeling of risk. New perspectives on risk perception*. London: Earthscan.
- Slovic, P., Fischhoff, B., Liechtenstein, S. (1985): Characterizing perceived risk. In: Kates, R. W., Hohenemser, C., Kasperson, J. X. (Hrsg.): *Perilous Progress: Managing the hazards of technology*, Boulder: Westview, 91 – 125
- Wiedemann, P. (2010): *Vorsorgeprinzip und Risikoängste. Zur Risikowahrnehmung des Mobilfunks*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Zwick, M. M., Renn, O. (2002): *Wahrnehmung und Bewertung von Risiken. Ergebnisse des »Risikosurvey Baden-Württemberg 2001«*, Arbeitsbericht 202 der TA-Akademie, Stuttgart.

## Elektromagnetische Strahlung in der Sek. I unterrichten

Im Zuge eines Design-Based Research-Projektes wird ein Unterrichtskonzept entwickelt, bei dem elektromagnetische Strahlung als eigenständiges Thema in der Sekundarstufe I eingeführt wird. In diesem Beitrag werden die Ausrichtung des Unterrichtskonzepts beschrieben, Key Ideas vorgestellt und erste Ergebnisse aus Akzeptanzbefragungen präsentiert.

### Aktueller Forschungsstand

Dass elektromagnetische Strahlung in Alltag und Technik eine immer wichtigere Rolle spielt, ist unbestritten. Lange Zeit fokussierte sich didaktische Forschung jedoch nur auf den Teilbereich Radioaktivität (z.B. Eijkelhof 1996; Prather und Harrington 2001). Inzwischen liegen Forschungsergebnisse zu anderen Strahlungsarten bzw. zum Strahlungsbegriff generell vor.

Studien zeigen beispielsweise auf, dass SchülerInnen Strahlung für etwas generell Unnatürliches und Gefährliches halten (Neumann und Hopf 2012). Sie haben einerseits Schwierigkeiten, zwischen den verschiedenen Strahlungsarten und ihren Wirkungen zu unterscheiden (Rego und Peralta 2006; Libarkin et al. 2011). Andererseits sind sie nicht in der Lage, die verschiedenen Strahlungsarten als unterschiedliche Ausprägungen des selben Phänomens zu erfassen (Rego und Peralta 2006; Libarkin et al. 2011; Neumann und Hopf 2012).

Im Zuge seiner Forschungsarbeit zu Lernprozessen zu elektromagnetischer Strahlung in der Sekundarstufe II formulierte Plotz (2016) vier Basisideen zu elektromagnetischer Strahlung: Diese sind i) Einordnung von Strahlung im Spektrum, ii) Ausbreitung, iii) Omnipräsenz sowie iv) Transport von Energie und Wechselwirkung mit Materie.

Um das Unterrichtskonzept auf eine fundierte didaktische Basis stellen zu können, werden Forschungsarbeiten zu angrenzenden Themengebieten herangezogen, insbesondere aus dem Bereich Optik (Wiesner et al. 1995; Haagen-Schützenhöfer 2016). Die Elementarisierung von Licht liefert einige Ansatzpunkte für die Einführung von elektromagnetischer Strahlung im Allgemeinen.

### Designentscheidungen

Zu Beginn des Entwicklungsprozesses wurden folgende Designentscheidungen getroffen:

- In Anlehnung an den Anfangsunterricht zum Licht (Wiesner et al. 1995; Haagen-Schützenhöfer 2016) wird Strahlung weder als Welle noch als Teilchen eingeführt, sondern über ihre Eigenschaften charakterisiert. Wechselwirkungsprozesse mit Materie werden mittels Übertragung von Energie erklärt, wodurch die verwendete Elementarisierung näher am Teilchenbild ist.
- Für die Darstellung von Strahlung wird auf Repräsentationsformen aus der Optik (Haagen-Schützenhöfer 2016) zurückgegriffen: Die Ausbreitung von Strahlung wird durch Pfeile dargestellt, die Absorption von Strahlung durch gewellte Pfeile (vgl. Abb.1).
- Die Key Ideas werden auf den Basisideen von Plotz (2016) aufgebaut.
- Die Wörter „transmittieren“ und „reflektieren“ bzw. „streuen“ werden durch die Wörter „durchstrahlen“ und „zurückstrahlen“ vereinfacht. Dabei wird an Ergebnisse aus der Optik angeknüpft die zeigen, dass das Verb „strahlen“ von SchülerInnen gut akzeptiert wird (Haagen-Schützenhöfer 2016).

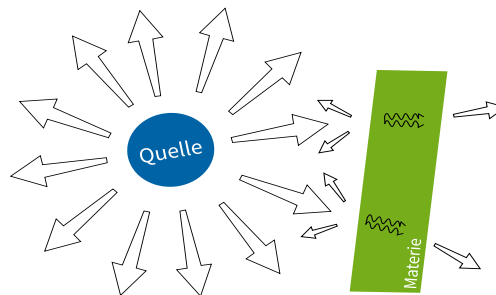


Abb. 1: Darstellung der Ausbreitung von Strahlung und Wechselwirkung mit Materie

### Key Ideas

Im ersten Design-Based Research-Zyklus wurden grundlegende Ideen - sogenannte „Key Ideas“ - entwickelt, auf denen das Konzept aufgebaut wird. Die folgenden Key Ideas decken die Einführung des Strahlungsbegriffs, Ausbreitung und Wechselwirkung sowie Energieübertragung von Strahlung ab:

- Strahlung ist ganz anders als Materie. Man kann sie nicht anfassen, sie hat keine Masse, sie breitet sich sehr schnell aus – nichts ist schneller als Strahlung!
- Strahlung breitet sich aus, bis sie auf Materie trifft. Ein Teil der Strahlung wird durchgestrahlt, ein Teil zurückgestrahlt, ein Teil absorbiert. Wie viel durch-, zurückgestrahlt oder absorbiert wird hängt von der Strahlungssorte und der Materie ab.
- Quellen elektromagnetischer Strahlung senden Energie aus, die von der Strahlung transportiert wird. Wird Strahlung von Materie absorbiert, so wird Energie an die Materie übertragen.

Die Betonung, dass Strahlung anders ist als Materie, geschieht in Anlehnung an Haagen-Schützenhöfer (2016); die Erklärung des Begriffs entstammt der didaktischen Forschung zur Teilchenphysik (Wiener et al. 2015).

### Akzeptanzbefragungen

Durch Akzeptanzbefragungen können Lernprozesse von SchülerInnen genauer betrachtet werden und insbesondere Hemmungen und Schwierigkeiten gegenüber einem Erklärungsangebot untersucht werden (Jung 1992; Wiesner und Wodzinski 1996). Mit dieser Methode werden Erklärungsangebote evaluiert, die auf den oben genannten Key Ideas basieren.

Im ersten Durchgang dienten 5 SchülerInnen der 8. Schulstufe und eine Schülerin der 7. Schulstufe als ProbandInnen. Ihnen wurde zuerst eine Erklärung gegeben und anschließend an einem Experiment mit Licht veranschaulicht. Die SchülerInnen wurden gebeten die Erklärung zu bewerten und sie anschließend in eigenen Worten zu wiederholen. Danach mussten sie das Gelernte auf eine Aufgabe zum Thema Infrarotstrahlung anwenden. Gegebenenfalls wurde die Erklärung anschließend durch zusätzliche Informationen ergänzt. Am Schluss galt es eine weitere Aufgabe zu lösen, dieses Mal im Kontext Radiowellen. Die Interviews wurden mit Ton und Bild aufgezeichnet. In einem ersten Analyseschritt wurde mit einem deduktiv entwickelten Kodiersystem eine Bewertung der einzelnen Phasen durchgeführt und die Ergebnisse, in Anlehnung an Haagen-Schützenhöfer (2016) und Burde (2018), mittels Farbcodes dargestellt (vgl. Abb.2).

### Erste Ergebnisse

Drei SchülerInnen konnten die Aufgaben relativ problemlos lösen, während bei den weiteren drei SchülerInnen vereinzelte Schwierigkeiten auftraten (vgl. Abb.2). Probleme bereiteten vor allem die Aufgaben zur Energie und jene im Kontext Radiowellen. Die Alltagserfahrungen zum Radio scheinen teilweise nicht anschlussfähig für das tendierte physikalische Konzept zu sein.

Die Darstellung mittels Pfeilen zeigt sich beim Lösen der Aufgaben als hilfreich. Sie scheint den SchülerInnen einen guten Orientierungsrahmen zu bieten.

Die SchülerInnen benutzen die Wörter „Strahlen“, „Strahlungen“ und auch „Wellen“. Sie greifen auf diese Vorstellungen inkonsistent zurück.

|                              |                                                                                                                          | Amina (8.Sst.) | Beyza (8.Sst.) | Christopher (8.Sst.) | Denise (8.Sst.) | Emma (7.Sst.) | Fatima (8.Sst.) |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Strahlungs-<br>begriff       | S kann die Erklärung "Was ist Strahlung" angemessen paraphrasieren.                                                      | 3              | 3              | 3                    | 3               | 2             | 3               |
|                              | S kann die Aufgabe zur Anwendung auf Infrarotstrahlung lösen.                                                            | 3              | 3              | 3                    | 3               | 1             | 2               |
|                              | S kann die Aufgabe zur Anwendung auf Radiostrahlung lösen.                                                               | 2              | 2              | 3                    | 1               | 3             | 3               |
| Ausbreitung von<br>Strahlung | S kann eine angemessene Paraphrasierung zur Ausbreitung von Strahlung liefern.                                           | 3              | 3              | 0                    | 2               | 3             | 3               |
|                              | S kann eine angemessene Paraphrasierung zur Absorption von Infrarotstrahlung durch Wasser liefern.                       | 3              | 3              | 3                    | 3               | 3             | 3               |
|                              | S kann eine Aufgabe zum Verhalten von Infrarotstrahlung auf Alufolie lösen und die Repräsentationsform richtig anwenden. | 3              | 2              | 3                    | 3               | 3             | 3               |
|                              | S kann eine Aufgabe zum Empfang von Radioprogrammen im Haus lösen.                                                       | 3              | 3              | 3                    | 1               | 1             | 3               |
| Energie und<br>Strahlung     | S kann eine physikalisch angemessene Paraphrasierung zur Übertragung von Energie durch Strahlung liefern.                | 3              | 3              | 2                    | 3               | 3             | 0               |
|                              | S kann die Aufgabe zur Übertragung von Energie durch die Sonne an die Erde lösen.                                        | 2              | 3              | 1                    | 2               | 3             | 3               |
|                              | S kann Verbindungen zwischen Wirkungen des menschlichen Körpers und der übertragenen Energie ziehen.                     | 3              | 3              | 2                    | 1               | 3             | 3               |

3: trifft zu, 2: trifft teilweise zu, 1: trifft nicht zu, 0: nicht evaluiert

Abb. 2: Ergebnisse der Akzeptanzbefragungen

### Ausblick

Eine feinere Analyse der Transkripte aus den Akzeptanzbefragungen wird gerade vorgenommen. Dabei werden Transformationen bei Paraphrasen sowie die Verwendung der verschiedenen Begriffe wie „Strahlen“, „Wellen“ und „Strahlungen“ und deren Implikationen auf die Vorstellungen der SchülerInnen analysiert. Im nächsten Schritt werden die Key Ideas bzw. die zugehörigen Erklärungsangebote überarbeitet, ergänzt und erneut mittels Akzeptanzbefragungen evaluiert. Auf Basis der Key Ideas werden anschließend Unterrichtsinterventionen entwickelt und in mehreren Design-Based Research-Zyklen evaluiert und überarbeitet.

### Literatur

- Burde, Jan-Philipp (2018): Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells: Logos Verlag Berlin.
- Eijkelhof, H. M.C. (1996): Radiation risk and science education. In: *Radiation protection dosimetry* 68 (3-4), S. 273–278.
- Haagen-Schützenhöfer, Claudia (2016): LEHR- UND LERNPROZESSE im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I. Habilitationsschrift. Universität Wien, Wien.
- Jung, Walter (1992): Probing acceptance, a technique for investigating learning difficulties. In: Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop at the University of Bremen. Kiel: IPN, S. 278–295.
- Neumann, Susanne; Hopf, Martin (2012): Students' conceptions about 'radiation'. Results from an explorative interview study of 9th grade students. In: *J Sci Educ Technol* 21 (6), S. 826–834.
- Plotz, Thomas (2016): Students' conceptions of radiation and what to do about them. In: *Physics Education* 52 (1), S. 14004.
- Prather, Edward E.; Harrington, Randal R. (2001): Student understanding of ionizing radiation and radioactivity. In: *Journal of College Science Teaching* 31 (2), S. 89.
- Rego, Florbela; Peralta, Luis (2006): Portuguese students' knowledge of radiation physics. In: *Physics Education* 41 (3), S. 259.
- Wiener, Gerfried J.; Schmeling, Sascha M.; Hopf, Martin (2015): Can Grade-6 Students Understand Quarks? Probing Acceptance of the Subatomic Structure of Matter with 12-Year-Olds. In: *European Journal of Science and Mathematics Education* 3 (4), S. 313–322.
- Wiesner, H.; Wodzinski, R. (1996): Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In: *Lernen in den Naturwissenschaften*, S. 250–274.
- Wiesner, Hartmut; Engelhardt, Peter; Herdt, Dietmar (1995): Unterricht Physik, Optik I. Lichtquellen, Reflexion. 2. verbesserte Auflage. Köln: Aulis-Verlag Deubner (Unterricht Physik, 1).

Fabian Bernstein<sup>1,2</sup>  
 Sascha Schmeling<sup>2</sup>  
 Thomas Wilhelm<sup>1</sup>  
 Susanne Dührkoop<sup>2</sup>  
 Alexandra Jansky<sup>2</sup>  
 Oliver Keller<sup>2</sup>  
 Lachlan McGinness<sup>2</sup>  
 Julia Woithe<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt am Main  
<sup>2</sup>CERN, Genf

### **LowCost-Experimente zur modernen Physik mit dem 3D-Drucker**

#### **Zur Herausforderung „Moderne Physik“ für den Physikunterricht**

Von verschiedener Seite wird die Forderung erhoben, der allgemeinbildende schulische Physikunterricht müsse den neueren Entwicklungen der Wissenschaft Physik stärker Rechnung tragen. So argumentieren bspw. die Autoren der DPG Schulstudie 2016, dass „der mündige Staatsbürger, der sich hier entwickeln soll, nicht bei Galilei, Newton, Faraday und Maxwell stehen bleiben“ könne (DPG, 2016, S. 12), sondern die Gelegenheit erhalten müsse, moderne Physik im Rahmen des schulischen Physikunterrichts kennenzulernen, und dass dies bei der Planung des Unterrichts in angemessenem Umfang zu berücksichtigen sei.

So gut begründet und nachvollziehbar diese Forderung sein mag, stellt sie die Lehrkräfte in der Praxis doch häufig vor große Herausforderungen: Nicht nur sind die nicht-klassischen Theorien der Physik überwiegend wenig anschaulich, mathematisch anspruchsvoll und begrifflich schwer zugänglich – zugleich ist geeignetes Experimentiermaterial oft nicht verfügbar oder mit (zu) hohen Anschaffungskosten verbunden. In der Folge bleibt die moderne Physik im Physikunterricht vielfach ein eher trockenes Unterfangen (Karaböcek & Erb, 2015). Dies ist insbesondere bedauerlich, da gerade attraktive Experimente einen aktivierenden und anschaulicheren Zugang zu modernen physikalischen Theorien und ihrer Genese im Unterricht eröffnen könnten.

#### **3D-gedruckte LowCost-Experimente im S’Cool LAB am CERN**

Das Schülerlabor S’Cool LAB am CERN hat sich zum Ziel gesetzt, geeignete und erschwingliche Experimentieraktivitäten, insbesondere zur Teilchenphysik, für den Physikunterricht zu entwickeln und interessierten Lehrkräften zugänglich zu machen. Dabei liegt ein Schwerpunkt auf der Einbeziehung von 3D-Druckern zur Entwicklung, Herstellung und Verbreitung entsprechender Ressourcen. Aus unserer Sicht weist diese Technologie für den Bildungsbereich verschiedene Vorzüge auf: so ist einerseits durch die zunehmende Popularität von 3D-Druckern in Schulen in Europa, Amerika und Australien (Fonda et al., 2013; Nemorin & Selwyn, 2017) eine unkomplizierte und potentiell globale Distribution gelungener Entwürfe möglich, andererseits können technologiebedingt flexible, kostengünstige und zugleich hochwertige funktionale Modelle erstellt und ausgedruckt werden.

Ein Beispiel für ein solches Modell stellt die am S’Cool LAB entwickelte 3D-gedruckte Quadrupol-Ionenfalle (s. Abb. 1) dar (McGinness et al., 2018). Die nach ihrem Erfinder Wolfgang Paul – der 1989 zusammen mit Hans Georg Dehmelt den Nobelpreis für die Entwicklung der Ionenfallentechnik erhielt – auch als „Paul-Falle“ bekannte Elektrodenanordnung erlaubt es, elektrisch geladene Teilchen in einem elektrischen Wechselfeld einzuschließen. Dies wird beispielsweise in der Massenspektroskopie oder im Quanten-Computing sowie in anderen Zu-



sammenhängen ausgenutzt. Am CERN kommen Quadrupol-Ionenfallen in der Antimateriefabrik beim Speichern von Anti-Wasserstoff-Ionen zum Einsatz; so werden Messungen der Wirkung der Gravitation auf Antimaterie möglich, die auf andere Weise schwer realisierbar wären.

Mittels der 3D-gedruckten Ionenfalle können Schülerinnen und Schüler die Funktionsweise dieses modernen Forschungswerkzeuges und die zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien an einem makroskopischen Modell studieren und anschaulich nachvollziehen. Dabei werden Bärlappsporen durch die elektrischen Wechselfelder zum Levitieren gebracht und in der Falle eingeschlossen (s. Abb. 2). Eine Übersicht über weitere verfügbare Unterrichtsmaterialien zur Teilchenphysik findet sich auf der Website des S’Cool LABs ([cern.ch/scoollab](http://cern.ch/scoollab)).

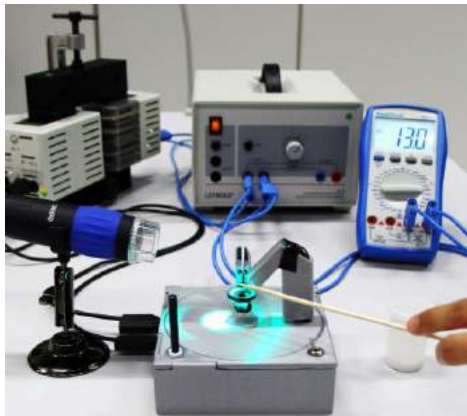


Abb.1 3D-gedruckte Paulfalle



Abb. 2 Sporen levitieren in der Paulfalle

### Forschungsd desiderata

Zur Optimierung des zukünftigen Entwicklungsprozesses und für die Gestaltung weiterer Experimentieraktivitäten wäre eine empirisch abgesicherte Erkenntnis über den Bedarf von Lehrkräften und die Faktoren, die aus ihrer Sicht beim Einsatz von Experimenten im Unterricht wesentlich sind, von großem Nutzen. Auf diese Weise könnte sichergestellt werden, dass die Bedürfnisse und Anforderungen, die sich aus der Praxis des Unterrichtsalltages und den Einstellungen der Lehrkräfte ergeben, von Anfang an beim Design der Ressourcen berücksichtigt werden.

Zwar liegen bereits einige Untersuchungen zu den Zielen und Absichten vor, die Lehrkräfte mit dem Einsatz von Experimenten im Unterricht verfolgen (Kerr, 1963; Beatty & Woolnough, 1982; Welzel et al., 1998; Swain, 2000). Allerdings bleibt zu klären, ob die in diesen Studien erhobenen Ziele im Planungsprozess des Unterrichts tatsächlich maßgeblich wirksam werden, oder ob es sich nicht vielmehr um Ex-post-Rationalisierungen handelt, die Lehrkräfte in Befragungen anführen, die aber tatsächlich unerheblich für die Entscheidung zum Einsatz von Experimenten im Unterricht sind (Osborne & Dillon, 2010, S. 112). Da insbesondere neuere Forschungsergebnisse (Jonas-Ahrend 2003; Karaböcek & Erb, 2016) nicht mit den Resultaten früherer Untersuchungen konvergieren, gibt es derzeit wenig Evidenz, dass die angeführten *Ziele* tatsächlich mit den entscheidungsleitenden *Gründen* zusammenfallen.

**Das Forschungsvorhaben**

Dies näher zu untersuchen ist Ziel einer Studie, die derzeit am CERN in Kooperation mit dem Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität Frankfurt durchgeführt wird. Dabei werden die Perspektiven von Physiklehrkräften auf den Einsatz von Experimenten im Unterricht auf der Grundlage des *Reasoned Action Approach* (Fishbein & Ajzen, 2010) empirisch erforscht. Der *Reasoned Action Approach* dient hierbei als bewährtes Framework, das es erlaubt, entscheidungsleitende Überzeugungen gezielt zu identifizieren.

In einem zweiten Schritt werden die so gewonnenen Erkenntnisse genutzt, um neue Experimente zur modernen Physik unter expliziter Berücksichtigung der Planungsperspektive von Lehrkräften zu entwickeln und in einer Interventionsstudie zu testen. Erste Ergebnisse sind 2019 zu erwarten.

## Literatur

- Beatty, J. W. & Woolnough, B. E. (1982). Practical Work in 11-13 Science: the context, type and aims of current practice. *British Educational Research Journal*, 8 (1), 23-30
- Fishbein, M. & Ajzen, I. (2010). Predicting and changing behavior. The reasoned action approach. New York
- Fonda, Carlo, Canessa, Enrique & Zennaro, Marco (Hg.) (2013): Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development. ITCP - The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics. 1. Aufl. Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. (Hg.) (2016). Physik in der Schule. Hauptteil. Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e. V.. <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/broschueren/studien/schulstudie-2016/schulstudie-hauptteil.pdf> (11.10.2018)
- Jonas-Ahrend, G. (2003). Physiklehrervorstellungen zum Experiment im Physikunterricht. Berlin: Logos-Verlag
- Karaböcek, F. & Erb, R. (2016). Die Entscheidung für den Einsatz von Experimenten. GDCP-Proceedings
- Karaböcek, F. & Erb, R. (2015). Survey Experimente. Der Einsatz von Experimenten im Physikunterricht. GDCP-Proceedings
- Kerr, J. F., Boulind, H. F., Scott, D. W., Rolls, M. J. & Stafford, E. (1963). Practical work in school science. An account of an inquiry sponsored by the Gulbenkian foundation into the nature and purpose of practical work in school science teaching in England and Wales. 1. Aufl. Leicester: Univ. Pr.
- McGinness, L., Dührkoop, S., Jansky, A., Keller, O., Lorenz, A., Woithe, J. (2018). 3D Printable Quadrupole Ion Trap. DOI:10.5281/zenodo.1435244 <https://zenodo.org/record/1435244#.W8Q0Tvl9iUm>
- Nemorin, S. & Selwyn, N. (2017). Making the best of it? Exploring the realities of 3D printing in school. *Research Papers in Education*, 32 (5), 578-595
- Osborne, J. & Dillon, J. (Hg.) (2010). Good Practice in Science Teaching. What research has to say. Second edition. Maidenhead: Open University Press
- Swain, J., Monk, M. & Johnson, S. (2000). Developments in science teachers' attitudes to aims for practical work: continuity and change. *Teacher Development*, 4 (2), 281-292
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K. & Aufschnaiter, Stefan von (1998). Ziele, die Lehrende mit experimentellem Arbeiten in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden- Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 4 (1), 29-44

Julia Brüggerhoff<sup>1</sup>  
 Sarah Rau-Patschke<sup>1</sup>  
 Stefan Rumann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen

## Übergangsgestaltung vom Sach- zum naturwissenschaftlichen Fachunterricht

### Forschungslage

Der Übergang von der Primarstufe in die Sekundarstufe I stellt SchülerInnen, Eltern und Lehrkräfte vor unterschiedliche Herausforderungen, die durch Veränderungen im sozialen Bereich, den organisatorischen Rahmenbedingungen sowie den Lernformen, Leistungserwartungen und -beurteilungen entstehen können (Ophuysen & Harazd, 2011). Mit dem Ziel, die Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zu unterstützen, stehen Lehrkräfte insbesondere am Übergang vom Sach- zum Fachunterricht vor der fachdidaktischen Anforderung, einen Übergang zu gestalten, der den SchülerInnen anschlussfähiges Wissen durch einen kumulativen Wissensaufbau und eine kontinuierliche Kompetenzentwicklung ermöglicht (GDSU, 2013). Die Vermeidung von „Brüche[n] in der Wissensgenese“ (Hempel, 2010) scheint allerdings durch die unterschiedlichen Fächerstrukturen des vielperspektivischen Sachunterrichts und dem aus Einzelfächern oder Fächerverbünden bestehenden Fachunterricht erschwert. Zudem können die Unterschiede in den Unterrichtsstilen, -kulturen und der Ausbildung der Lehrkräfte verantwortlich für einen bruchhaften Übergang sein und dadurch die Anschlussfähigkeit nicht durchgängig gewährleistet sein (zusammenfassend Möller, 2014). Bisherige Studien stützen diese Annahmen insoweit, dass das Interesse von SchülerInnen in den naturwissenschaftlichen Fächern im Übergang vom Sach- zum Fachunterricht stetig abnimmt (Heine, Willeke, Best & Pospiech, 2013; Walper, 2017). Des Weiteren scheint Lehrkräften das Wissen über schulstufenspezifische Curricula der jeweils anderen Schulstufe zu fehlen und die Einschätzung der Kompetenzniveaus Lernender am Anfang der 5. Jahrgangsstufe schwerzufallen (Hempel, 2010; Racherbäumer & Kohnen, 2014). Hinzukommt, dass eine wenig ausgeprägte systematische Diagnostik der Lehrkräfte im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichtens existiert, die die Bestimmung von Kompetenzniveaus Lernender und daher eine Anschlussfähigkeit der Fächer ebenfalls erschweren kann (ebd.). Im Kontext einer grundlegenden naturwissenschaftlichen Bildung ist die Gestaltung des Übergangs vom Sach- zum Fachunterricht daher als wichtige Aufgabe von Lehrkräften zu betrachten. Inwieweit dieser anschlussfähig gestaltet werden kann, wird bisher vor allem in Bezug auf die Fächer Mathematik, Deutsch, Englisch und vereinzelt auch für den physikbezogenen Unterricht untersucht. Spezifische Gestaltungsmaßnahmen für den Übergang im naturwissenschaftlichen Unterricht existieren einerseits in Form von Spiralcurricula (z. B. Möller, Hardy, Labudde, Leuchter, Steffensky, Aufschnaiter & Wodzinski, 2016; Pahl, Peters & Komorek, 2010). Andererseits sind es die Einrichtung eines integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts (Wodzinski, 2006; 2007) sowie schulstufenübergreifende Projekte (z. B. SINUS) (Demuth & Kahlert, 2007), die Lehrkräften die Übergangsgestaltung erleichtern sollen. Offen bleibt bisher jedoch, welche Kompetenzen Lehrkräfte des Sach- und Fachunterrichts benötigen, um SchülerInnen eine kontinuierliche Entwicklung von Kompetenzen, Interesse und Motivation im Übergang vom Sach- zum Fachunterricht zu ermöglichen, um auf diese Weise einen anschlussfähigen Übergang gestalten zu können.

### **Forschungsfrage**

Welche Kompetenzen benötigen Lehrkräfte der Primar- und Sekundarstufe I, um einen anschlussfähigen Übergang vom naturwissenschaftlichen Sach- zum integrativen Naturwissenschaftsunterricht oder zum naturwissenschaftlichen Fachunterricht zu gestalten?

### **Methodik**

Zur Beantwortung der angeführten Forschungsfrage wird eine Delphi-Befragung durchgeführt, deren Ziel die „Ermittlung und Qualifikation der Ansichten einer Expertengruppe über einen diffusen Sachverhalt“ (Häder, 2014, S. 33) sein kann. Die Delphi-Technik zeichnet sich durch ihren mehrstufigen, iterativen und anonymen Befragungsprozess eines festen ExpertInnenkreises aus, der durch die Rückmeldung des Gruppenurteils beeinflusst wird (Häder, 2003; Bolte, 2003a; 2003b).

In der vorliegenden Studie zeigt sich dieser diffuse Sachverhalt in einer bisher ungeklärten Befundlage innerhalb der Fachdidaktik bezüglich relevanter Kompetenzen von Lehrkräften für eine anschlussfähige Übergangsgestaltung im Wechsel vom Sach- zum Fachunterricht. Um die fachspezifische Gestaltung sowohl aus der Perspektive der Praxis wie auch der Forschung betrachten zu können, werden am Übergang beteiligte AkteurInnen als ExpertInnen befragt. Die ExpertInnengruppe besteht aus Lehrkräften des Sachunterrichts der Primarstufe ( $n = 100$ ) und Klassen- und Fachlehrkräften der Sekundarstufe I ( $n = 100$ ). Darüber hinaus werden die Perspektiven von SchulleiterInnen ( $n = 50$ ), AusbilderInnen der zweiten Phase ( $n = 50$ ) und FachdidaktikerInnen der Naturwissenschaften ( $n = 50$ ) integriert. Die Delphi-Befragung wird als Online-Befragung durchgeführt und vereint ein qualitatives und quantitatives Vorgehen. Grundlage für die erste Befragungsrunde bilden die Ergebnisse einer Vorstudie, in der mögliche allgemeinpädagogische sowie fachspezifische Gestaltungsmaßnahmen deduktiv aus der Literatur abgeleitet wurden. Zur Erweiterung der daraus formulierten Kompetenzen wird eine kleinere Teilstichprobe der zuvor aufgeführten ExpertInnen in einem offenen Fragebogen um eine Auflistung von Kompetenzen gebeten, die ihrer Meinung nach relevant für eine anschlussfähige Übergangsgestaltung sein können. Die Auswertung der ersten Befragungsrunde erfolgt anschließend mithilfe der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015). Die Kompetenzen werden danach innerhalb eines geschlossenen Fragebogens zusammengefasst und in einer zweiten Runde an eine erweiterte ExpertInnengruppe geschickt. Diese werden dann gebeten, die einzelnen Kompetenzen ihrer Relevanz entsprechend zu bewerten und ihr Urteil zu begründen (Häder, 2014). Die Auswertung des Gruppenurteils erfolgt mithilfe deskriptiver Statistik. In den darauffolgenden Runden wird das Gruppenurteil zusammen mit dem geschlossenen Fragebogen den ExpertInnen erneut zur Verfügung gestellt. Sie erhalten die Möglichkeit, ihre Entscheidung aufgrund des Gruppenurteils zu überdenken und gegebenenfalls ihre Entscheidungen begründet zu verändern. Dieser Prozess gilt als beendet, sobald ein vorher festgelegtes Abbruchkriterium eintritt (ebd.). In der vorliegenden Studie wird der Befragungsprozess aus ökonomischen Gründen nach drei Runden beendet. Die Auswertung erfolgt mithilfe facettentheoretischer Analysen sowie Faktoren- und Clusteranalysen, sodass einerseits das Gruppenurteil als auch die Meinungen der unterschiedlichen ExpertInnengruppen deutlich werden.

### **Ergebnisse und Ausblick**

Zur Grundlage der 1. Delphi-Befragungsrunde wurden innerhalb einer Vorstudie Gestaltungsmaßnahmen im Übergang von der Primar- in die Sekundarstufe I deduktiv aus der Literatur abgeleitet und unter den fünf Kategorien *Curriculares Wissen*, *Unterrichtsgestaltung*, *Diagnostik*, *Kooperation*, *Schulleben* zusammengefasst. Mit einer ExpertInnenbefragung konnte gezeigt werden, dass es sich sowohl um allgemeinpädagogische als auch fachspezifische Gestaltungsmaßnahmen handelt. Die

Bedeutsamkeit der einzelnen Kategorien zeigt sich über die unterschiedlichen Schulformen hinweg ähnlich. Die Bedeutung der konkreten Gestaltungsmaßnahmen innerhalb einer Kategorie hingegen variiert in Abhängigkeit von der Primar- und Sekundarstufe I. Da innerhalb der Delphi-Befragung die Perspektive der vom Übergang betroffenen SchülerInnen nicht erfasst wird, erfolgt zusätzlich eine Befragung von SchülerInnen der 5. Jahrgangsstufe. Diese werden mithilfe leitfadengestützten Interviews zu Kriterien einer anschlussfähigen Übergangsgestaltung befragt.

## Literatur

- Bolte, C. (2003a). Konturen wünschenswerter chemiebezogener Bildung im Meinungsbild einer ausgewählten Öffentlichkeit: - Methode und Konzeption der curricularen Delphi-Studie Chemie sowie Ergebnisse aus dem ersten Untersuchungsabschnitt. *ZfDN*, 9, 7–26.
- Bolte, C. (2003b). Chemiebezogene Bildung zwischen Wunsch und Wirklichkeit: - Ausgewählte Ergebnisse aus dem zweiten Untersuchungsabschnitt der curricularen Delphi-Studie Chemie. *ZfDN*, 9, 27–42.
- Demuth, R., & Kahlert, J. (2007). *Übergänge gestalten. Naturwissenschaften. SINUS-Transfer Grundschule*. Kiel: IPN.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (Hrsg.) (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Häder, M. (2014). *Delphi-Befragungen: Ein Arbeitsbuch* (3 Aufl.). Wiesbaden: Springer VS.
- Heine, A., Willeke, M., Best, J., & Pospiech, G. (2013). Vom Sachunterricht zum Fachunterricht. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen* (S. 707–709). Kiel: IPN.
- Hempel, M. (2010). Zur Anschlussfähigkeit der Sachfächer an den Sachunterricht - eine Erkundungsstudie. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), *Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht* (S. 75–82). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarb.). Weinheim, Basel: Beltz.
- Möller, K. (2014). Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht – Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule. *ZfDN*, 20, 33–43.
- Möller, K., Hardy, I., Labudde, P., Leuchter, M., Steffensky, M., Aufschnaiter, C. von, & Wodzinski, R. (2016). Einführung in das Symposium: Stufenübergreifendes Lernen von Naturwissenschaften fördern: Durch abgestimmte Lernmaterialien und begleitende Fortbildungen. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (S. 241–242). Regensburg: Universität Regensburg.
- Ophuysen, S. van, & Harazd, B. (2011). *Der Übergang von der Grundschule zur weiterführenden Schule - Gestaltung, Beratung, Diagnostik*. Kiel: IPN.
- Pahl, E.-M., Peters, S., & Komorek, M. (2010). *energie.bildung – Physik im Kontext von „Energiebildung“: Beiträge der DPG-Frühjahrstagung - Didaktik der Physik*. Hannover.
- Racherbäumer, K., & Kohnen, M. (2014). Schulstufenübergreifende Kooperationen von Lehrkräften der Primar- und Sekundarstufe zur Gestaltung anschlussfähiger Bildungsprozesse am Beispiel der Naturwissenschaften und Mathematik. In A. B. Liegmann, I. Mammes, & K. Racherbäumer (Hrsg.), *Facetten von Übergängen im Bildungssystem: Nationale und internationale Ergebnisse empirischer Forschung* (S. 95–109). Münster [u. a.]: Waxmann.
- Walper, L. M. (2017). *Entwicklung von physikbezogenen Interessen und selbstbezogenen Kognitionen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase von der Primar- in die Sekundarstufe: Eine Längsschnittanalyse vom vierten bis zum siebten Schuljahr. Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos.
- Wodzinski, R. (2006). Zwischen Sachunterricht und Fachunterricht: Naturwissenschaftlicher Unterricht im 5. und 6. Schuljahr. *Unterricht Physik*, 17, 4–9.
- Wodzinski, R. (2007). Naturwissenschaften im 5./6. Schuljahr - vom Sachunterricht zum Fachunterricht. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich* (S. 479–481). Berlin: Lit.

## **Sachstrukturen in Schulbüchern des naturwissenschaftlichen Unterrichts – Kookkurenzanalyse von Fachbegriffen der naturwissenschaftlichen Fächer**

### **Zusammenfassung**

Ein Ziel des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts (INU) ist es, eine stärkere horizontale Vernetzung der drei Fächer Biologie, Chemie und Physik zu erreichen. Inwiefern sich im integrierten Fach Naturwissenschaften im Vergleich zum fächergetrennten Fach tatsächlich ein stärkerer Fächerübergreifung und damit ein Unterschied in der Sachstruktur zeigt, ist noch nicht hinreichend geklärt. Anhand einer automatisierten Extraktion der Sachstrukturen aus Schulbüchern der beiden Unterrichtsvarianten soll dieser Frage nachgegangen werden. Im Vergleich zeigen die ersten Ergebnisse, dass in Schulbüchern für das integrierte Fach anteilig eine häufigere Vernetzung zwischen Biologiekonzepten stattfindet, wohingegen seltener Fachkonzepte der Chemie und Physik miteinander in Bezug gesetzt werden.

### **Hintergrund**

Ein Grund, der für einen integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht spricht, ist dass dort vermehrt alltagsnahe, fächerübergreifende Probleme behandelt werden können (Fruböse et al., 2011). Durch das „interdisziplinäre[...] Vernetzen von Inhalten werden neue Einsichten ermöglicht“ und das Interesse der Schülerinnen und Schüler werde erhöht (Labudde, 2014, S. 14). Auch biete fächerübergreifender Unterricht aus konstruktivistischer Sicht ein erhöhtes Potential zur Anknüpfung an Schülervorstellungen, da die Fachgrenzen nicht mehr existieren (ebd.). Allerdings ist die Einführung des integrierten Fachs zum Teil stark umstritten. Schecker et al. (1996) beschreiben die Konzeption als „formale Scheinlösung des Problems fachzentrierten Unterrichtens“ (S. 492) und auch die MNU spricht sich für eine Fächerdifferenzierung in der Sekundarstufe aus (MNU-Bundesverband, 2015). Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, die Sachstruktur des integrierten Fachs mit der des fächergetrennten Unterrichts zu vergleichen und auf fächerübergreifende Aspekte zu untersuchen.

Niedderer (1994) definiert als Sachstruktur die „durch Begriffe und deren Relationen (Urteile) erschlossene Struktur von Sachen (Objekten) und deren Zusammenhänge (Sachverhalten)“ (zit. n. Brückmann, 2009, S. 56). In Anlehnung an diese Definition soll untersucht werden, inwiefern im INU im Vergleich zum fächergetrennten naturwissenschaftlichen Unterricht Fachkonzepte verschiedener Disziplinen aufeinander bezogen werden.

Um einen Einblick in den Unterricht des integrierten Fachs Naturwissenschaften zu erlangen, werden in dieser Studie Schulbücher betrachtet, da diese einen großen Beitrag zur Umsetzung des Curriculums beitragen (Bierema, Schwartz & Gill, 2017; Oelkers & Reusser, 2008). Für das Fach Physik nutzt ein großer Anteil an Lehrkräften Schulbücher für die Unterrichtsvorbereitung (Merzyn, 1994; Härtig, Kauertz & Fischer, 2012).

In dieser Studie wird folgenden Fragen nachgegangen: Unterscheidet sich die Sachstruktur der jeweiligen Schulbücher hinsichtlich der Verteilung innerfachlicher und interdisziplinärer Vernetzungen fachbezogener Konzepte? Treten Differenzen in den zentralen Konzepten des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf?

### **Methode und Stichprobe**

Im Bundesland Niedersachsen ist es an Gymnasien möglich, in der 5. und 6. Jahrgangsstufe die Naturwissenschaften integriert zu unterrichten. An integrierten Gesamtschulen (IGS) ist das Fach Naturwissenschaften dagegen obligatorisch in der gesamten Sekundarstufe I. Aus diesem Grund wurden für das Integrationsfach neue Schulbücher für die Jahrgänge 5 bis 10



entwickelt. Diese Werke werden hinsichtlich ihrer Sachstruktur mit den fächergetrennten Schulbüchern für das Gymnasium verglichen. Dafür wurden solche Schulbücher ausgewählt, die aktuell in Niedersachsen zugelassen und nach Einschätzung durch Fachleiterinnen und Fachleiter, sowie durch Ansprechpersonen der Verlage weit verbreitet sind. Es werden vier Schulbuchreihen für das Fach Physik, sowie jeweils drei Reihen für den Biologie- und Chemieunterricht (s. Tab. 1) analysiert.

|                       | Gymnasium SEK I        |                         | IGS SEK I            |
|-----------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| Biologie              | Chemie                 | Physik                  | INU                  |
| <i>Biologie heute</i> | <i>Chemie heute</i>    | <i>DornBader</i>        | <i>Erlebnis NW</i>   |
| <i>Bioskop</i>        | <i>Elemente Chemie</i> | <i>Fokus Physik</i>     | <i>Natur bewusst</i> |
| <i>Natura</i>         | <i>Fokus Chemie</i>    | <i>Impulse Physik</i>   | <i>PRISMA NW</i>     |
|                       |                        | <i>Universum Physik</i> |                      |

Tab. 1: Stichprobe<sup>1</sup>

Aus der beschriebenen Stichprobe für den fächergetrennten Unterricht resultieren 36 Möglichkeiten zur Kombination der Werke, welche mit den drei Schulbuchreihen für das integrierte Fach verglichen werden können.

Die Analyse der Sachstruktur erfolgt in Anlehnung an Härtig (2010) und Helaakoski & Viiri (2014) anhand eines Fachkonzeptregisters. Das Register wurde im Voraus durch eine Einteilung aller Begriffe aus dem Stichwortverzeichnis der Schulbücher erstellt. Alle Termini, denen ein fachliches Konzept zugrunde liegt, werden einer der Dimensionen Biologie (**B**, 2968), Chemie (**C**, 1652), Physik (**P**, 1762), Biologie/Chemie (**BC**, 48), Biologie/Physik (**BP**, 2), Chemie/Physik (**CP**, 51) oder Naturwissenschaften (**NW**, 33) zugeordnet. Dabei wurde zusätzlich freundlicherweise das Register der Physik-Fachbegriffe aus Härtig (2010) zur Verfügung gestellt und ebenfalls eingebracht. Die anschließende Messung erfolgt automatisiert, wozu die Schulbücher zunächst eingescannt werden und der Text mittels OCR-Software (*Abbyy Finereader*) extrahiert wird. Anschließend werden im Rohtext die Begriffe des Registers über das Statistikprogramm *R* identifiziert und Vernetzungen, operationalisiert durch Kookkurenzen, gemessen. Eine Kookkurenz zwischen zwei Fachbegriffen liegt dabei genau dann vor, wenn sie innerhalb von zwei angrenzenden Sätzen gemeinsam auftreten.

### Ergebnisse

In Tabelle 2 ist die deskriptive Statistik der Analyse abgebildet. Es fällt zunächst auf, dass in Schulbüchern des fächergetrennten, gymnasialen Unterrichts eine höhere Anzahl verschiedener Fachbegriffe genannt wird. Gleichzeitig weist die Kombination aus Biologie-, Chemie- und Physikschulbuch eine höhere Seitenzahl auf als die Werke für den INU. Die Anzahl an Verknüpfungen beschreibt die Anzahl der Begriffspaare, die mindestens einmal miteinander kookkurieren. Sie entspricht in allen vier Vergleichsgruppen unter Berücksichtigung der absoluten Anzahl verschiedener Fachbegriffe einer ähnlichen Dichte des Begriffsnetzes. Starke Unterschiede werden deutlich in der absoluten Anzahl an Kookkurenzen. Diese liegt auch in Anbetracht der Anzahl kodierter Seiten bei den Schulbüchern des fächergetrennten Unterrichts auf einem höheren Niveau.

|                 | Fächergetrennt | <i>Erlebnis NW</i> | <i>Natur bewusst</i> | <i>PRISMA NW</i> |
|-----------------|----------------|--------------------|----------------------|------------------|
| Fachbegriffe    | 2074 ± 157     | 1535               | 1476                 | 1557             |
| Verknüpfungen   | 13178 ± 1906   | 6066               | 7655                 | 6447             |
| Kookkurenzen    | 103352 ± 23902 | 38249              | 48994                | 43273            |
| Kodierte Seiten | 1393 ± 138     | 1134               | 1106                 | 1213             |

Tab. 2: Deskriptive Statistik der Schulbuchanalyse

<sup>1</sup> Eine ausführliche Auflistung der Schulbücher wird aus Platzgründen hier ausgelassen und vom Autorenteam auf Nachfrage gerne bereit gestellt.

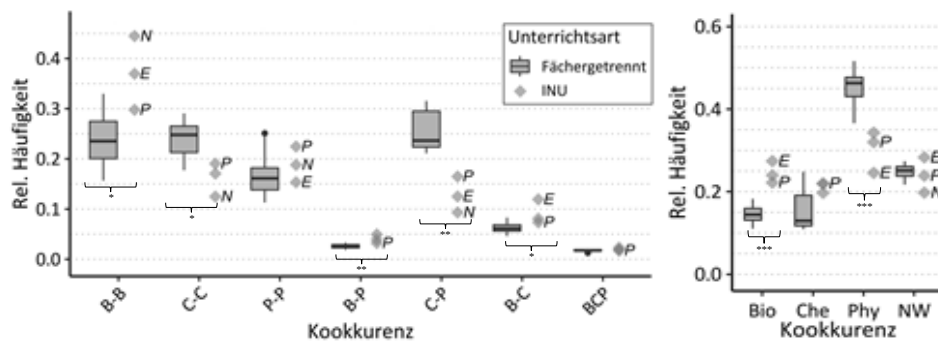


Abb. 1: Links: Kookkurenzen zwischen Fachkonzepten der Biologie (B), Chemie (C) und Physik (P) in fächergetrennten Schulbüchern und den Werken Erlebnis Naturwissenschaften (E), Natur bewusst (N), PRISMA Naturwissenschaften (P). Fächerübergreifende Kookkurenzen ergeben sich auch aus Kombinationen mit fächerübergreifenden Konzepten. Beispielsweise werden Kookkurenzen der Kategorie „C-P“ neben dem gemeinsamen Auftreten von Fachbegriffen der Kategorien C und P durch die Kombinationen (C,CP), (P, CP) und (CP, CP) gebildet. Rechts: Kookkurenzen des Fachbegriffs „Energie“ mit Fachbegriffen der Biologie, Chemie und Physik. Unter „NW“ werden dabei die Fachkonzepte der interdisziplinären Kategorien (BC, BP, CP, NW) zusammengefasst. Die Signifikanzen entsprechen den Niveaus  $p < 0,05$  (\*),  $p < 0,01$  (\*\*),  $p < 0,001$  (\*\*\*).

In Abbildung 1 sind links die disziplinbezogenen Kookkurenzen in den Schulbüchern des fächergetrennten Unterrichts und des INU normiert auf die jeweilige absolute Anzahl an Kookkurenzen abgebildet. Die Boxplots setzen sich dabei aus den 36 möglichen Kombinationen der Stichprobe aus Biologie-, Chemie- und Physik-Schulbuch zusammen. Signifikanzen wurden mittels Mann-Whitney-U-Test und Bonferroni-Korrektur berechnet. Unterschiede zeigen sich vor allem hinsichtlich der innerfachlichen Kookkurenzen der Biologie, wohingegen seltener Fachbegriffe der Chemie und Physik gemeinsam im Schulbuch des INU aufeinander bezogen werden. Werden nun zentrale Konzepte des naturwissenschaftlichen Unterrichts betrachtet, stellt man beim Konzept Energie eine Veränderung der fachbezogenen Vernetzung fest. Anteilig wird im INU-Schulbuch das Konzept häufiger mit Fachbegriffen der Biologie genannt und gleichzeitig seltener mit Konzepten der Physik.

### Fazit

Die Schulbücher der beiden Unterrichtsvarianten weisen unter Berücksichtigung des Umfangs einen großen Unterschied bezüglich der Gesamtanzahl an Kookkurenzen auf. Dies ist vermutlich auf die jeweilige Zielgruppe zurückzuführen, da die INU-Schulbücher an der IGS ein breiteres Spektrum an Leistungsniveaus abzudecken haben. Weiter zeigen erste Ergebnisse, dass die INU-Schulbücher gegenüber den Schulbüchern des fächergetrennten Unterrichts hinsichtlich der disziplinenorientierten Kookkurenzen einen erhöhten Anteil zwischen Fachbegriffen der Biologie (innerfachlich) und einen verminderten Anteil zwischen denen der Chemie und Physik aufweisen. Zu diesem Zeitpunkt steht eine verbesserte Validierung des Fachbegriffsregisters allerdings noch aus. Die genauere Betrachtung zentraler Konzepte zeigt, dass der „Energie“-Begriff im INU-Schulbuch anteilig häufiger mit Biologie-Fachbegriffen auftritt und seltener mit Physik-Fachbegriffen. Hier besteht weiterer Untersuchungsbedarf, ob tatsächlich ein stärkerer Fächerübergreifung gelungen ist und ob gleichzeitig das „Energie“-Konzept ausreichend physikalisch fundiert wird. Ein erschwerender Faktor der Analyse ist dabei die parallele Variation von Schulform und Organisation des Unterrichtsfach, welche entsprechend berücksichtigt werden muss.

### Literatur

- Bierema, Andrea M.-K.; Schwartz, Renee S.; Gill, Sharon A. (2017): To what extent does current scientific research and textbook content align? A methodology and case study. In: *J Res Sci Teach* 54 (8), S. 1097–1118. DOI: 10.1002/tea.21399.
- Brückmann, Maja (2009): Sachstrukturen im Physikunterricht. Ergebnisse einer Videostudie. Zugl.: Potsdam, Univ., Diss., 2009. Berlin: Logos-Verl. (Studien zu Physik- und Chemielernen, 94).
- Fruböse, Christian; Illgen, Jan; Kohm, Lavinia; Wollscheid, Renate (2011): Unterricht im integrierten Fach Naturwissenschaften. Erfahrungen aus gymnasialer Sicht. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 64 (7), S. 433–439.
- Härtig, Hendrik (2010): Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests. Zugl.: Duisburg, Essen, Univ., Diss. Berlin: Logos (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 101).
- Härtig, Hendrik; Kauertz, Alexander; Fischer, Hans E. (2012): Das Schulbuch im Physikunterricht. Nutzung von Schulbüchern zur Unterrichtsvorbereitung in Physik. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 65 (4), S. 197–200.
- Helaakoski, J.; Viiri, J. (2014): Content and content structure of physics lessons and students' learning gains. In: HE Fischer, P. Labudde, K. Neumann, & J. Viiri, (2014) *Quality of instruction in physics. Comparing Finland, Germany and Switzerland*. Waxmann, Munster, S. 93–110.
- Labudde, Peter (2014): Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht - Mythen, Definitionen, Fakten. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 20 (1), S. 11–19. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/s40573-014-0001-9>.
- Merzyn, Gottfried (1994): Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer. Kiel: IPN (IPN, 139).
- MNU-Bundesverband - Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts (2015): MNU-Standpunkt. Online verfügbar unter [http://www.mnu.de/images/presse/Standpunkt\\_MNU\\_150125.pdf](http://www.mnu.de/images/presse/Standpunkt_MNU_150125.pdf), zuletzt geprüft am 11.10.2018.
- Niedderer, H.: Grundbegriffe, Funktionen und Abgranzung der Sachstrukturanalyse im Curriculumprozeß. In: IPN-Seminar Nr. 2: Sachstrukturen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Kiel: IPN), S. 1–9.
- Oelkers, Jürgen; Reusser, Kurt (2008): Qualität entwickeln, Standards sichern, mit Differenz umgehen. Bonn: BMBF (Bildung - Ideen zünden!, 27). Online verfügbar unter [http://www.bmbf.de/pub/bildungsforschung\\_band\\_siebenundzwanzig.pdf](http://www.bmbf.de/pub/bildungsforschung_band_siebenundzwanzig.pdf).
- Schecker, H.; Bethge, T.; Breuer, E.; Dwingelo-Lütten, R. von; Graf, H. U.; Gropengiesser, I.; Langensiepen, B. (1996): Naturwissenschaftlicher Unterricht im Kontext allgemeiner Bildung. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 49 (8), S. 488–492.

## Physik im Sachunterricht – Eine kriteriengeleitete Schulbuchanalyse

### Hintergrund

Schulbücher geben den unterrichtenden Lehrkräften fachliche und fachdidaktische Hilfestellung, leisten eine didaktische Reduktion des Stoffes und strukturieren den Unterricht. Sie werden daher zum Teil auch als das „Rückgrat des Unterrichts“ bezeichnet (Oelkers, 2010, S. 18; Oelkers & Reusser, 2008, S. 408). Besondere Bedeutung haben Schulbücher demnach für fachfremd unterrichtende Lehrkräfte. Ihnen fehlen die für einen qualitativ hochwertigen und kompetenzorientierten Unterricht notwendigen tiefergehenden fachwissenschaftlichen und -didaktischen Kenntnisse. Umso wichtiger ist es daher, dass Schulbücher über die Wissensvermittlung hinaus auch pädagogische und lernpsychologische Erkenntnisse umsetzen, um die Defizite in der fachwissenschaftlichen und -didaktischen Expertise der Lehrkräfte zu kompensieren (Fuchs, Niehaus & Stoletzki, 2014, S. 13). Doch woran kann eine Lehrkraft erkennen, ob das zur Verfügung gestellte Lehrmittel den Anforderungen an einen qualitativ hochwertigen Unterricht genügt? Die Lehrkräfte stehen vor der Herausforderung, aus dem Angebot der (zugelassenen) Schulbücher ein geeignetes auszuwählen. Gerade in dem für Lehrkräfte der Primarstufe häufig fachfremden Bereich der Naturwissenschaften<sup>1</sup> ist dies ohne eine entsprechende Expertise kaum zu leisten. Qualitative Schulbuchforschung ist daher erforderlich. Diese stellt im naturwissenschaftlichen Bereich der Primarstufe jedoch ein Forschungsdesiderat dar (vgl. Bölsterli Bardy, 2015, S. 12; Fuchs et al., 2014, S. 84 mit einem Überblick zu fachspezifischen Kriterienkatalogen).

### Ziele

Zur Lösung dieses Problems soll ein Beitrag geleistet werden, indem mittels einer qualitativen Schulbuchanalyse am Beispiel verschiedener Sachunterrichtsschulbücher untersucht wird, ob die Darbietung physikalischer Themen dem aktuellen fachdidaktischen Erkenntnisstand entspricht. Hierfür wird speziell für den Bereich Physik im Sachunterricht ein Evaluationsraster mit fachspezifischen Bewertungskriterien weiterentwickelt. Ziele sind die Unterstützung von Lehrkräften bei der Auswahl von Sachunterrichtsschulbüchern im Hinblick auf die didaktische Aufbereitung physikalischer Themen sowie eine Analyse der physikalischen Inhalte der 2017 in Hessen zugelassenen Sachunterrichtsschulbücher.

### Anforderungen an das Raster und die zu entwickelnden Items

*Handhabbarkeit:* Die Durchführung der Analyse muss einfach und in einem geringen zeitlichen Umfang möglich sein. Andernfalls besteht die Gefahr, dass das Raster von Lehrkräften nicht genutzt wird.

*Wissensorientierung:* Sämtliche Items eines Schulbuchrasters müssen auf wissenschaftliche Erkenntnisse zurückzuführen sein. Damit wird der Kritik an anderen prominenten Rastern begegnet, deren Autoren die Merkmale und Kategorien nicht theoriegeleitet entwickelt

<sup>1</sup> Selbst wenn Lehrkräfte das Fach Sachunterricht studiert haben bedeutet dies nicht, dass sie in allen Disziplinen des Sachunterrichts vertieft ausgebildet sind. An der Goethe-Universität Frankfurt am Main ist nach der derzeit geltenden Studienordnung (abrufbar unter [www.uni-frankfurt.de/73849460/L1\\_180919\\_Sachunterricht.pdf](http://www.uni-frankfurt.de/73849460/L1_180919_Sachunterricht.pdf)) neben einem allgemeinen Modul (Grundfragen des Sachunterrichts) jeweils ein Wahlpflichtmodul aus dem Bereich der Sozialwissenschaften (Geographie, Historisches Lernen sowie Politik, Wirtschaft und Gesellschaft) und aus dem Bereich der Naturwissenschaften (Chemie, Physik, Biologie) zu studieren. Lehramtsstudierende, die beispielsweise Biologie als Wahlpflichtmodul wählen, erhalten damit keine fachspezifische Ausbildung für die Bereiche Physik oder Chemie.

haben (vgl. z.B. die Kritik am Reutlinger Raster bei Fuchs et al., 2014, S. 80). Die Entwicklung der Items ist damit jedoch auch auf den jeweiligen Forschungsstand begrenzt und bedarf der Fortentwicklung parallel zu neuen fachwissenschaftlichen und -didaktischen Erkenntnissen. **Objektivität:** Unabhängig von der durchführenden Person soll die Schulbuchanalyse zum gleichen Ergebnis kommen. Wollte man diesem Anspruch gerecht werden, so müsste ein ausführliches Regelsystem erstellt werden. Anders gesagt: Es müsste eine weitgehende Operationalisierung mittels Indikatorenbildung erfolgen (Laubig, Peters & Weinbrenner, 1986, S. 55). Dabei bedeutet jede Aufnahme eines Indikators in das Analyseraster eine zusätzliche Datenaufnahme, was in der Konsequenz den Umfang des Analyserasters erheblich steigern würde. Gerade dies ist im Sinne der Handhabbarkeit und praktischen Durchführbarkeit jedoch zu vermeiden. Um auf der einen Seite die Praktikabilität zu gewährleisten und auf der anderen Seite in einem ausreichenden Rahmen Objektivität herzustellen, sind die in das Raster aufzunehmenden Items durch einen Kommentar zu präzisieren.

### Weiterzuentwickelndes Raster

Zur Weiterentwicklung wurde sich für das in der Schweiz<sup>2</sup> konzipierte und eingesetzte Levanto-Tool<sup>3</sup> (webbasiertes Instrument zur Evaluation von Lehr- und Lehrmaterialien; vgl. Fuchs et al., 2014, S. 81) entschieden. Ausschlaggebend für dieses Tool waren die hohe Individualisierbarkeit (einzelne Items können von dem jeweiligen Benutzer einfach hinzugefügt bzw. verändert und die Gewichtung eines Items kann jederzeit angepasst werden) wie auch die Möglichkeit der Online-Evaluation mit grafischer Auswertung, die einen einfachen und schnellen Vergleich verschiedener untersuchter Schulbücher möglich macht. Letzteres ist insbesondere im Hinblick auf die Forderung nach der Handhabbarkeit besonders hervorzuheben.

### Neu entwickelte Items

Aus Platzgründen können leider weder die den Items zugrundeliegenden Studien noch die jeweiligen Kommentare dargestellt werden.<sup>4</sup>

| Items                                                                          | Gewichtung       | Max. Punkte <sup>5</sup> |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------|
| 1 Aufgreifen häufiger Präkonzepte                                              | Sehr wichtig (6) | 36                       |
| 2 Strukturierung                                                               | Wichtig (5)      | 30                       |
| 3 Einsatz von multiplen externen Repräsentanten                                | Wichtig (5)      | 30                       |
| 4 Evozieren von Selbsterklärungen                                              | Wichtig (5)      | 30                       |
| 5 Offene (Schüler-)Experimente                                                 | Wichtig (5)      | 30                       |
| 6 Zusatzmaterialien mit fachwissenschaftlichen und -didaktischen Erläuterungen | Eher wichtig (4) | 24                       |
| Maximale Gesamtpunktzahl                                                       |                  | 180                      |

Tab. 1: Kriterien zur Beurteilung physikalischer Themen im Sachunterricht

<sup>2</sup> Für die fachübergreifenden Kriterien, die auf Individualisierung, fachliche Richtigkeit, die Gestaltung des Lehrwerks etc. abzielen (Interkantonale Lehrmittelzentrale, 2015, S. 15 ff.), ist es unproblematisch, dass dieses Raster in der Schweiz entwickelt wurde. Dies resultiert nicht zuletzt aus der Berücksichtigung deutscher Literatur und Forschungsarbeiten im Rahmen der Entwicklung des Levanto-Tools (vgl. hierzu Wirthensohn, 2012, S. 200).

<sup>3</sup> [www.levanto.ch](http://www.levanto.ch)

<sup>4</sup> Ausführliche Darstellung bei Dungern, C. von (2018). Physikalische Themen im Sachunterricht: Eine qualitative Schulbuchanalyse am Beispiel ausgewählter Schulbücher mittels eines weiterentwickelten Evaluationsrasters. Frankfurt am Main: Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg. Volltext abrufbar über den Publikationsserver der Goethe-Universität Frankfurt am Main: <http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/home>.

<sup>5</sup> Ergibt sich aus der Multiplikation des Wertes der Bewertung (1 [trifft überhaupt nicht zu] bis 6 [trifft völlig zu]) mit dem Wert der Gewichtung (1 [völlig unwichtig] bis 6 [sehr wichtig]).

### Exemplarische Untersuchung

Mit Hilfe des weiterentwickelten Rasters wurden die physikalischen Inhalte der 2017 in Hessen zugelassenen Sachunterrichtsschulbücher (Auflistung s. Hessisches Kultusministerium, 2017, S. 62) untersucht.

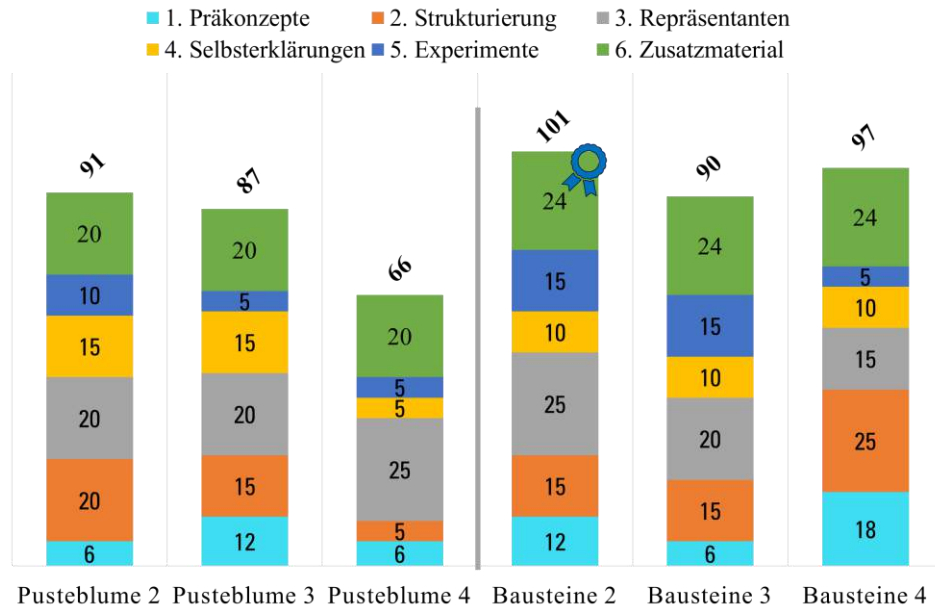


Abb. 1: Ergebnisse im Vergleich

### Diskussion der Ergebnisse / Anmerkungen

- Niedrige Ergebnisse zeigen deutlich auf, dass Forschungsergebnisse, die bereits vor den jeweiligen Schulbüchern veröffentlicht wurden, keinen bzw. kaum Eingang in die Konzeption der Schulbücher gefunden haben.
- Geringe Bewertungen im Bereich der Experimente sind hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass in den Schulbüchern regelmäßig nur rezeptartig abzuarbeitende Handlungsanweisungen abgedruckt sind. Hier wäre es wünschenswert, dass ausgehend von einer Vermutung eine (weitgehend) selbständige Bearbeitung und Beantwortung einer Fragestellung von den Schülerinnen und Schülern verlangt wird. Allerdings darf an dieser Stelle nicht übersehen werden, dass viele Lehrkräfte fachfremd unterrichten. Damit diese Lehrkräfte solche Experimente adäquat begleiten und betreuen können, sind zugleich unterstützende Begleitmaterialien (mit Informationen zu möglichen Durchführungsvarianten und häufigen Problemen sowie fachwissenschaftlichen Auskünften) zu den Experimenten für die Lehrkräfte zu fordern.
- Verbesserungen sind an vielen Stellen leicht möglich: Insbesondere das Aufgreifen häufiger Präkonzepte, da Schülervorstellungen zu physikalischen Themen, die den Primarbereich betreffen, mittlerweile sehr gut erforscht sind; Auch die Verbesserung der Werte für die Strukturierung und das Evozieren von Selbsterklärungen würde nur geringfügige Veränderungen erfordern.
- Das Punktesystem ermöglicht auch fachfremd unterrichtenden Lehrkräften die Stärken und Schwächen eines Schulbuchs zu identifizieren. Die Analyse mit Hilfe des weiterentwickelten Rasters stellt damit eine echte Entscheidungshilfe dar.

### Literatur

- Bölsterli Bardy, K. (2015). Kompetenzorientierung in Schulbüchern für die Naturwissenschaften: Eine Analyse am Beispiel der Schweiz. Wiesbaden: Springer Spektrum
- Drechsler-Köhler, B. (Hrsg.) (2009). Bausteine: Sachunterricht 2. Braunschweig: Diesterweg
- Drechsler-Köhler, B. (Hrsg.) (2010). Bausteine: Sachunterricht 3. Braunschweig: Diesterweg
- Drechsler-Köhler, B. (Hrsg.) (2011). Bausteine: Sachunterricht 4. Braunschweig: Diesterweg
- Dungern, C. von (2018). Physikalische Themen im Sachunterricht: Eine qualitative Schulbuchanalyse am Beispiel ausgewählter Schulbücher mittels eines weiterentwickelten Evaluationsrasters. Frankfurt am Main: Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg.
- Franz, U. (2008). Lehrer- und Unterrichtsvariablen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht: Eine empirische Studie zum Wissenserwerb und zur Interessenentwicklung in der dritten Jahrgangsstufe. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Fuchs, E., Niehaus, I. & Stoletzki, A. (2014). Das Schulbuch in der Forschung: Analysen und Empfehlungen für die Bildungspraxis. Göttingen: V&R unipress
- Hessisches Kultusministerium (2017). Schulbücherkatalog für allgemeinbildende Schulen und Schulen für Erwachsene. Abgerufen am 03.10.17 von [https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hkm/schulbuecherkatalog\\_fuer\\_allgemein\\_bildende\\_schulen\\_und\\_schulen\\_fuer\\_erwachsene\\_stand\\_01.08.2017\\_2.pdf](https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hkm/schulbuecherkatalog_fuer_allgemein_bildende_schulen_und_schulen_fuer_erwachsene_stand_01.08.2017_2.pdf)
- Interkantonale Lehrmittelzentrale (Hrsg.) (2015). Informationen zu levanto 2.0: dem Evaluationstool für Lehrmittel. Abgerufen am 04.10.2018 von [https://lehrmittelkoordination.ch/Handbuch\\_Levanto\\_2.0.pdf](https://lehrmittelkoordination.ch/Handbuch_Levanto_2.0.pdf)
- Kraft, D. (Hrsg.) (2010). Pustebume: Das Sachbuch 3. Braunschweig: Schroedel
- Kraft, D. (Hrsg.) (2011). Pustebume: Das Sachbuch 4. Braunschweig: Schroedel
- Kraft, D. (Hrsg.) (2017). Pustebume: Das Sachbuch 2. Braunschweig: Schroedel Westermann
- Laubig, M., Peters, H. & Weinbrenner, P. (1986). Methodenprobleme der Schulbuchanalyse: Abschlußbericht zum Forschungsprojekt 3017 an der Fakultät für Soziologie der Universität Bielefeld in Zusammenarbeit mit der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften. Bielefeld: o.V.
- Oelkers, J. (2010). Lehrmittel: Rückgrat des Unterrichts. Folio, 135 (1), 18-21
- Oelkers, J. & Reusser, K. (2008). Qualität entwickeln – Standards sichern – mit Differenzen umgehen. Berlin: BMBF
- Wirthensohn, M. (2012). LEVANTO – Ein Tool zur praxisorientierten Schulbuchevaluation. In J. Doll, K. Frank, D. Fickermann & K. Schwippert (Hrsg.), Schulbücher im Fokus: Nutzungen, Wirkungen und Evaluation (S. 199-213). Münster: Waxmann

## **Beschreibung fachsprachlicher Elemente in chemischen Schulbuchtexten**

### **Theoretischer Hintergrund**

Die spezifische Sprache in einem Fach, die Fachsprache, dient einer möglichst präzisen und eindeutigen Kommunikation in einer Fachdisziplin (Möhn & Pelka, 1984) und wird nicht nur durch die Nutzung von Fachbegriffen, sondern auch durch weitere morphologische und syntaktische Merkmale charakterisiert (Strippel & Bohrmann-Linde, 2018). Diese sprachlichen Merkmale sind nicht ausschließlich innerhalb der fachsprachlichen Kommunikation zu finden, sie treten dort aber gehäuft auf (Schroeter-Brauss, Wecker & Henrici, 2018). Roelcke (2010) sowie Härtig und Kollegen (2015) beschreiben die als typisch fachsprachlich geltenden Elemente für die Naturwissenschaften auf Wort-, Satz- und Textebene:

- *Wortebene*: Termini im Allgemeinen, Nutzung bestimmter Wortbildungsmuster (Komposita, Derivata, Wortkürzung, Konversion)
- *Satzebene*: Anonymisierung/Objektivierung (3. Person, Passiv- und Reflexivkonstruktionen), Aussagesätze mit Nebensatzkonstruktionen (insbesondere Konditional-/Finalsätze, Relativsätze), verdeutlichende Merkmale (Attribuierung, Funktionsverbgefüge, Präpositionalkonstruktionen)
- *Textebene*: Aufbauprinzipien (Fachtextbaupläne mit typischen Textbausteinen, Frage-Antwort-Konstruktionen, Schlussverfahren), Metasprachliche Kommentierungen, Rekurrenz/Isotopie, nonverbale Elemente

Aufgabe des schulischen Unterrichts ist es, Lernende auf den Umgang mit der Fachsprache der jeweiligen Disziplin vorzubereiten und damit sowohl das Verständnis von Fachtexten als auch deren Produktion auf einem angemessenen Niveau zu fördern, um eine sach- und fachgerechte Kommunikation innerhalb eines Unterrichtsfaches zu ermöglichen (KMK, 2005). Eine besondere Funktion im Fachsprachenerwerb übernehmen Lehrbuchtexte (Michalak, 2014). Sie bieten zwar ein Muster für die fachspezifische Ausdrucksweise und sollen die selbstständige Wissensaneignung ermöglichen, gleichzeitig werden Schulbuchtexte häufig im Hinblick auf ihr fachliches und sprachliches Anspruchsniveau kritisiert (Beerenwinkel & Gräsel, 2005; Michalak, Lemke & Goeke, 2015).

### **Ziel der Untersuchung**

Die zuvor dargestellten fachsprachlichen Merkmale werden in der gegenwärtigen Literatur oft allgemein und nur selten umfassend auf ein konkretes Fach bezogen dargestellt, obwohl der Begriff „Fachsprache“ dies implizieren würde. Auf Wortebene lassen sich dabei bereits Erkenntnisse für das Fach Chemie finden, auf Satz- und Textebene ist die Erkenntnislage hingegen noch gering. Aus diesem Grund ist es das Ziel der hier vorgestellten Untersuchung, fachsprachliche Elemente im Unterrichtsfach Chemie zunächst auf Syntaxebene aus häufig verwendeten Chemieschulbuchtexten herauszuarbeiten, um so fachsprachliche Anforderungen der Lehrtexte beschreiben und daraus mögliche Ansatzpunkte für eine passgenaue Fachsprachenförderung im Fach Chemie ableiten zu können.

### **Vorgehen**

Um fachsprachliche Satzmuster in chemischen Schulbuchtexten zu identifizieren, wurde eine Korpusanalyse auf der Grundlage von drei verbreiteten Schulbüchern für das



Unterrichtsfach Chemie in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die genutzten Schulbücher.

*Tabelle 1: In der Untersuchung genutzte Schulbücher*

| <b>Lehrwerk</b>   | <b>Verlag</b> | <b>Textschwierigkeit<br/>(Flesch-Index)</b> |
|-------------------|---------------|---------------------------------------------|
| Elemente Chemie 1 | Klett         | 45                                          |
| Chemie heute      | Schroedel     | 34                                          |
| Fokus Chemie 3    | Cornelsen     | 25                                          |

Im Rahmen der Untersuchung sollten die Anforderungen am Ende der Sekundarstufe I am Gymnasium fokussiert werden, sodass gemäß dem aktuellen nordrhein-westfälischen Kernlehrplan (MSW NRW, 2008) Texte zum Inhaltsfeld „Saure und alkalische Lösungen“ untersucht wurden. Dazu wurde ein Kodiermanual zur Identifikation der als fachsprachlich geltenden Satzmuster erstellt und eine computergestützte Kodierung der einzelnen Elemente innerhalb der Schulbuchtexte mithilfe der Software MAXQDA® durchgeführt.

### Ergebnisse und Diskussion

Bei der Kodierung der fachsprachlichen Elemente auf Syntaxebene wurden im Wesentlichen die vorkommenden Nebensatzkonstruktionen, genutzte anonymisierende Merkmale sowie die unterschiedlichen verdeutlichenden Merkmale innerhalb der Sätze betrachtet. Abbildung 1 veranschaulicht die prozentuale Häufigkeit der betrachteten syntaktischen Elemente in den untersuchten Schulbuchtexten.

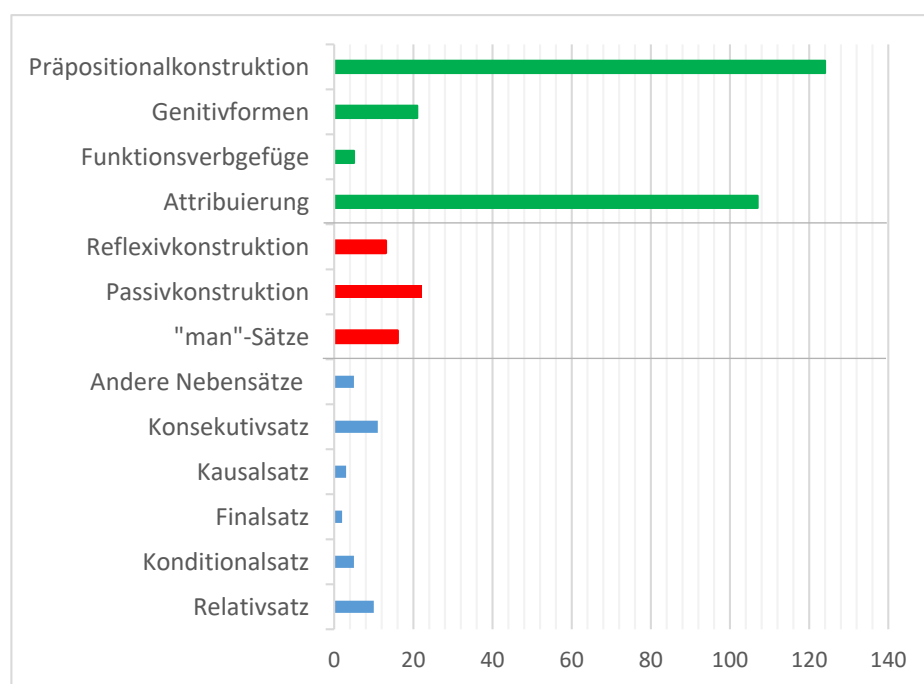


*Abbildung 1: Prozentuale Häufigkeit der sprachlichen Elemente*

Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem die in Grün dargestellten verdeutlichenden Merkmale eine besondere Bedeutung in Schulbuchtexten der Chemie am Ende der Sekundarstufe I

haben. Dabei kommen insbesondere Attribuierungen (z. B. *Es entsteht ein stechend riechendes, farbloses Gas.*) und Präpositionalkonstruktionen (z. B. *Im Haushalt werden sie zum Entfernen von Rost eingesetzt.*) mit einer Häufigkeit von über 110 bzw. 120 Prozent in Sätzen sogar mehrfach vor. Diese sprachlichen Mittel werden in der Regel für einen präzisen und gleichzeitig ökonomischen Ausdruck genutzt, sie tragen jedoch erheblich zur Informationsdichte in einem Text bei. Drumm (2016) hält dies gerade im schulischen Zusammenhang für problematisch, da die starke Verdichtung der neuen Informationen die Aneignung des neuen Wissens sowie dessen Verständnis deutlich erschwert.

Anonymisierende Konstruktionen, die in Abbildung 1 in Rot dargestellt sind, kommen in 51 Prozent der untersuchten Sätze vor. Sie werden meist genutzt, um den Aussagen ein höheres Maß an Objektivität und Allgemeingültigkeit zu verleihen. Die Ergebnisse der Lehrbuchanalyse zeigen, dass Passivkonstruktionen (z. B. *Oft werden saure Lösungen als Säuren bezeichnet.*) mit 22 % am häufigsten vorkommen, Satzkonstruktionen mit „man“ (z. B. *Daher bezeichnet man diese Reaktion als Neutralisation.*) können in 16 Prozent der Sätze gefunden werden, während Reflexivkonstruktionen in 13 Prozent der Sätze genutzt werden (z. B. *Es bildet sich ein farbloses Gas.*).

Die Häufigkeit der Nutzung unterschiedlicher Arten von Nebensätzen ist in Abbildung 1 Blau dargestellt. Insgesamt kommen Nebensätze in 34 Prozent aller Sätze vor, 66 Prozent der Sätze sind hingegen reine Hauptsätze ohne Nebensatzkonstruktion. Die häufig in der Literatur zu findende Aussage, dass sich Fachsprache durch eine häufige Nutzung von Nebensätzen auszeichne, kann damit nicht bestätigt werden. In den untersuchten Texten kommen Konsekutivsätze (z. B. *Aus der Farbveränderung kann man schließen, dass sich eine saure Lösung gebildet hat.*) mit 11 % am häufigsten vor. Diese Art der Nebensätze gilt in der Fachliteratur jedoch nicht als typisch fachsprachlich. Die als fachsprachlich geltenden Relativsätze (z. B. *Teilchen, die bei einer Reaktion Protonen abgeben, werden Protonendonator genannt.*) können in 10 Prozent der insgesamt betrachteten Sätze gefunden werden, wohingegen die ebenfalls als Merkmal von Fachsprache geltenden Finalsätze (z. B. *Um dieses Gemisch zu entsorgen, muss Säure zugegeben werden.*) sowie Konditionalsätze (z. B. *Die Ionen bilden sich erst dann, wenn eine Säure in Wasser gegeben wird.*) mit 3 Prozent und 5 Prozent eine nur geringe Nutzung in den betrachteten Texten finden.

### Fazit

Die Ergebnisse der Schulbuchanalyse verdeutlichen, dass die in der Literatur beschriebenen fachsprachlichen Merkmale auf Satzebene in der Häufigkeit ihrer Verwendung in Schulbuchtexten des Faches Chemie am Ende der Sekundarstufe I stark variieren. Dabei konnten vor allem Attribuierungen sowie Präpositionalkonstruktionen besonders häufig gefunden werden. Gerade diese sprachlichen Merkmale gelten jedoch als schwierigkeiterzeugend für das Textverständnis. Aus diesem Ergebnis lässt sich ableiten, dass gerade diese syntaktischen Strukturen einen geeigneten Ansatzpunkt für eine mögliche Fachsprachenförderung in Chemie darstellen. Schroeter-Brauss, Wecker und Henrici (2018) warnen in diesem Zusammenhang davor, solche Strukturen in Texten gänzlich zu vermeiden. Stattdessen müssen geeignete Unterstützungsmaßnahmen angeboten werden, um Lernenden das Verständnis und die Produktion dieser Satzstrukturen zu erleichtern.

## Literatur

- Beerenwinkel, A. & Gräsel, C. (2005). Texte im Chemieunterricht. Ergebnisse einer Befragung von Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. 11(1). 21–39.
- Drumm, S. (2016). *Sprachbildung im Biologieunterricht*. Berlin, Boston: de Gruyter.
- Härtig, H., Bernholt, S., Precht, H. & Retelsdorf, J. (2015). Unterrichtssprache im Fachunterricht – Stand der Forschung und Forschungsperspektiven am Beispiel des Textverständnisses. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 55–67. doi:10.1007/s40573-015-0027-7
- KMK (Hrsg.). (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Neuwied: Luchterhand.
- Michalak, M. (Hrsg.). (2014). *Sprache als Lernmedium im Fachunterricht. Theorien und Modelle für das sprachbewusste Lehren und Lernen*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Michalak, M., Lemke, V. & Goeke, M. (2015). *Sprache im Fachunterricht. Eine Einführung in Deutsch als Zweitsprache und sprachbewussten Unterricht*. Tübingen: Narr Francke Attempto.
- MSW NRW(Hrsg.). (2008). *Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen: Chemie*. Frechen: Ritterbach.
- Möhn, D. & Pelka, R. (1984). *Fachsprachen – Eine Einführung*. Tübingen: Max Niemayer Verlag.
- Roelcke, E. (2010). *Fachsprachen*. Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Schroeter-Brauss, S., Wecker, V. & Henrici, L. (2018). *Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht: Eine Einführung*. Münster, New York: Waxmann.
- Strippel, C. & Bohrmann-Linde, C. (2018). Fachsprache und Begriffsbildung: Sprache im Chemieunterricht. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Eds.), *Unterricht Chemie. Konkrete Fachdidaktik Chemie. Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (pp. 239–248). Seelze: Aulis.

Alina Behrendt<sup>1</sup>  
 Sarah Rau-Patschke<sup>1</sup>  
 Maik Walpuski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen

## Messung chemiebezogener Kompetenzen am Übergang zur Sekundarstufe I

### Einleitung

Bedingt durch die Struktur des deutschen Schulsystems werden Schülerinnen und Schüler im Laufe ihrer Bildungslaufbahn an unterschiedlichen Stellen mit Übergängen zwischen verschiedenen Institutionen konfrontiert. Einer dieser Übergänge findet zwischen der mindestens vierjährigen Grundschule und dem daran anschließenden gegliederten Sekundarschulwesen, welches sich klassischerweise in die Hauptschule, die Realschule und das Gymnasium teilt, statt (Hacker, 1997). In Nordrhein-Westfalen folgt auf die Grundschule ein Übergang zu einer der weiterführenden Schulen des in diesem Bundesland stärker ausdifferenzierten Schulsystems (Tillmann, 2012). Folglich durchlaufen hier alle Schülerinnen und Schüler an der Schwelle von der vierten zur fünften Jahrgangsstufe einen Übergang von einer Institution in die andere, welchen es auf verschiedenen Ebenen zu bewältigen gilt.

### Theoretischer Hintergrund

„[In] Übergängen treten Menschen aus bekannten in unbekannte und fremde Situationen ein, weshalb Übergänge oft auch als sensible Phasen bezeichnet werden“ (Kramer, Helsper, Thiersch & Ziems, 2009, S. 23). Auch der Übergang von der Grundschule in eine Schulform der Sekundarstufe I stellt demzufolge eine solche sensible Phase dar. Bezogen auf den Chemieunterricht fällt bei Betrachtung dieses Übergangs auf, dass chemiebezogene Inhalte in der Grundschule in das Fach Sachunterricht integriert werden, während diese im Sekundarbereich abhängig vom Bundesland entweder in einem separat dafür vorgesehenen Fachunterricht oder in einem integrierten naturwissenschaftlichen Fach unterrichtet werden (Möller, 2014). An Gymnasien in Nordrhein-Westfalen findet in der Sekundarstufe I ein von anderen naturwissenschaftlichen Fächern abgegrenzter Chemieunterricht statt, welcher in der Regel mit Beginn der Jahrgangsstufe 7 einsetzt (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen [MSW NRW], 2008a). Somit umfasst der Übergang vom Sachunterricht der Primarstufe zum Chemieunterricht der Sekundarstufe I hier einen Zeitraum von zwei Jahren. Diese Übergangsphase steht im Fokus der folgend beschriebenen Studie.

Während des Übergangs werden unterschiedliche Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler gestellt. Dabei werden zum einen verschiedene allgemeine Anforderungen beschrieben, die sich in der Übergangsphase ergeben. Diese beziehen sich auf die individuelle Bewältigung der Übergangssituation, die Entscheidung für einen passenden Bildungsgang der Sekundarstufe I sowie emotionale Veränderungen (vgl. Büchner & Koch, 2001; Hacker, 1997; Liegmann, 2014; Meidinger, 2010). Zum anderen ergeben sich spezifische Anforderungen, die den konkreten Übergang vom Sachunterricht zum Chemieunterricht betreffen. So hat beispielsweise die unterschiedliche Einbettung chemiebezogener Inhalte in den Unterricht der verschiedenen Schulformen zur Folge, dass sich während des Übergangs die Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel die Organisation des Unterrichts, deutlich verändern (Möller, Kleickmann & Lange, 2013). Auch die Lernkultur, welche im Sachunterricht der Grundschule eher auf die Eigentätigkeit der Lernenden gerichtet ist, verändert sich beim Übergang zum Chemieunterricht und ist hier eher auf die Weitergabe von Wissen ausgelegt (Möller, 2010). Rieck und Fischer (2010) beschreiben als zusätzliche Anforderung die verschiedenen fachlichen Kompetenzen der Sachunterrichts- und Chemielehrkräfte, welche sich auf den entsprechenden Unterricht unterschiedlich auswirken.

Um zu vermeiden, dass durch die genannten Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler Brüche im Wissensaufbau entstehen, sollte der Übergang durch die Beteiligung beider Schulformen gestaltet werden. Dabei sollte im Sachunterricht auf Kompetenzen des Chemieunterrichts vorbereitet und im Chemieunterricht an Kompetenzen aus dem Sachunterricht angeknüpft werden (vgl. Giest, 2010; Hempel, 2010; Pfeifer, 2012). Ein Blick in die Curricula beider Fächer liefert Erkenntnisse darüber, welche Kompetenzen in der Übergangsphase von den Schülerinnen und Schülern erwartet werden (vgl. MSW NRW, 2008a; 2008b). Unter Fokussierung auf konzeptbezogene Kompetenzen können dabei folgende inhaltliche Schwerpunkte als für den Übergang relevant identifiziert werden:

- Chemische Reaktion: Verbrennungen als Stoffumwandlungen
- Struktur der Materie: Aggregatzustände und Zustandsänderungen von Wasser, Eigenschaften von Stoffen, Lösen von Feststoffen
- Energie: Umwandlung und Verbrauch von Energie, sparsamer Umgang mit Energie

### **Forschungsfrage und Ziele der Studie**

Zur Vorbereitung auf Kompetenzen des Chemieunterrichts und zur Anknüpfung an Kompetenzen aus dem Sachunterricht müssen nicht nur die erwarteten, sondern auch die tatsächlich bei den Schülerinnen und Schülern vorhandenen Kompetenzen bekannt sein. Daraus ergibt sich die folgende Forschungsfrage, welche im Rahmen der Studie beantwortet werden soll:

Wie lassen sich die chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I messen?

Ziel der Studie ist demzufolge zum einen die Entwicklung und zum anderen die Erprobung eines Testinstruments, welches die chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler in der Übergangsphase erfassen kann.

### **Methoden und Design**

Um die genannte Forschungsfrage zu beantworten, wurden zunächst auf Grundlage der aus den Curricula identifizierten inhaltlichen Schwerpunkte zentrale Kompetenzen formuliert, welche in der Übergangsphase vom Sachunterricht zum Chemieunterricht von den Schülerinnen und Schülern erwartet werden. Auf Basis dieser Kompetenzen wurde ein Testinstrument zur Messung dieser entwickelt. Zu jeder Kompetenz wurden mindestens zwei Items formuliert. Es handelt sich dabei um Items im Multiple-Choice-Format mit jeweils sechs Antwortmöglichkeiten und ein bis drei Attraktoren. Für die Bearbeitung des aus insgesamt 19 Items bestehenden Paper-Pencil-Tests war ein Zeitraum von 45 Minuten vorgesehen.

Die Datenerhebung fand in sechs vierten Klassen an drei Schulen in Nordrhein-Westfalen statt (N = 127). Die Viertklässlerinnen und Viertklässler befanden sich zum Zeitpunkt der Testdurchführung kurz vor dem Übergang in die Sekundarstufe I und gehörten somit zur Zielgruppe der Studie. Um den Einfluss der Lesekompetenz auf das Testergebnis möglichst gering zu halten, wurden den Schülerinnen und Schülern die Testaufgaben durch den geschulten Testleiter vorgelesen. Die Schülerinnen und Schüler hatten jeweils drei Möglichkeiten, eine Antwortmöglichkeit zu bearbeiten: Richtige Antwortmöglichkeiten sollten angekreuzt werden, falsche Antwortmöglichkeiten sollten durchgestrichen werden und Antwortmöglichkeiten, bei denen Unsicherheiten auftraten, sollten nicht markiert werden.

Um zu untersuchen, ob der Test die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zufriedenstellend misst, wurden Rasch-Analysen durchgeführt. Hierzu wurden vier verschiedene Modelle berechnet, die unterschiedliche Möglichkeiten der Punktevergabe miteinander verglichen. Tabelle 1 liefert eine Übersicht über die hierbei eingesetzten Auswertverfahren A1 bis A4.

Tabelle 1: Übersicht über die Auswerteverfahren A1-A4

|           | Vorgehensweise bei der Punktevergabe                                                                                                            | Punkte | Rasch-Modell            |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|
| <b>A1</b> | alle Attraktoren angekreuzt und alle Distraktoren nicht angekreuzt → 1 Pkt.<br>mindestens ein Fehler → 0 Pkt.                                   | 0–19   | dichotomes Rasch-Modell |
| <b>A2</b> | pro angekreuztem Attraktor → jeweils 1 Pkt.<br>pro nicht angekreuztem Distraktor → jeweils 1 Pkt.<br>alle anderen Antworten → jeweils 0 Pkt.    | 0–114  | Partial-Credit-Modell   |
| <b>A3</b> | pro angekreuztem Attraktor → jeweils 1 Pkt.<br>pro angekreuztem Distraktor → jeweils -1 Pkt.<br>pro nicht angekreuzter Antwort → jeweils 0 Pkt. | 0–40   | Partial-Credit-Modell   |
| <b>A4</b> | pro angekreuztem Attraktor → jeweils 1 Pkt.<br>pro durchgestrichenem Distraktor → jeweils 1 Pkt.<br>alle anderen Antworten → jeweils 0 Pkt.     | 0–114  | Partial-Credit-Modell   |

### Ergebnisse und Interpretation

Die Vorgehensweise bei der Durchführung des Tests erwies sich als zielführend. Neben der Verringerung des Einflusses der Lesekompetenz auf das Testergebnis bewirkte das laute Vorlesen der Aufgaben, dass alle Schülerinnen und Schüler alle Aufgaben bearbeiteten. Das Durchstreichen falscher Antworten ermöglichte eine Differenzierung zwischen nicht bearbeiteten und bewusst als falsch identifizierten Antworten. Bezüglich der Auswertung der Daten zeigt der Vergleich der vier Modelle, dass durch das Auswerteverfahren A4 im Vergleich zu den anderen Auswerteverfahren eine deutlich höhere Personenreliabilität und Itemtrennschärfe erreicht wird (vgl. Tabelle 2):

Tabelle 2: Vergleich der Auswerteverfahren A1-A4

|                             | <b>A1</b> | <b>A2</b> | <b>A3</b> | <b>A4</b>      |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| <b>Itemreliabilität</b>     | .956      | .964      | .978      | .971           |
| <b>Personenreliabilität</b> | .421      | .434      | .552      | <b>.812</b>    |
| <b>Varianz</b>              | 0.321     | 0.052     | 0.161     | 0.217          |
| <b>wMNSQ</b>                | 0.94–1.05 | 0.95–1.05 | 0.92–1.07 | 0.76–1.17      |
| <b>t-Wert</b>               | -1.0–0.7  | -0.4–0.4  | -0.5–0.8  | -1.1–1.0       |
| <b>Itemtrennschärfe</b>     | -.12–.57  | -.08–.47  | -.18–.58  | <b>.44–.66</b> |

Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler lassen sich mit dem entwickelten Testinstrument somit am besten erfassen, wenn auch bei der Punktevergabe zwischen bewusst als falsch identifizierten und nicht bearbeiteten Antwortmöglichkeiten differenziert wird. Zudem zeigen die wMNSQ-Werte sowie die t-Werte eine hohe Passung der Items zum Modell. Insgesamt lässt sich folglich festhalten, dass sich das entwickelte Testinstrument dazu eignet, die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu messen.

### Ausblick

Im Anschluss an die beschriebene Studie soll das vorhandene Testinstrument weiterentwickelt werden. Dabei sollen zusätzlich zu den bisher entwickelten Items zu den konzeptbezogenen Kompetenzen nun auch Items zu den prozessbezogenen Kompetenzen entwickelt werden. Zudem soll das Testinstrument auch in den Jahrgangsstufen 5 und 7 eingesetzt werden, um weitere Aussagen zur Qualität des Testinstruments auch bezogen auf ältere Schülerinnen und Schüler zu erhalten und die Entwicklung der Kompetenzen in der Übergangsphase erfassen zu können.

### Literatur

- Büchner, P. & Koch, K. (2001). *Der Übergang aus Kinder- und Elternsicht* (Von der Grundschule in die Sekundarstufe, Band 1). Opladen: Leske + Budrich.
- Giest, H. (2010). Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), *Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht* (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Band 20, S. 11–22). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hacker, H. (1997). Die Übergänge zur Sekundarstufe I. Anmerkungen zum „zweiten Schulbeginn“. *Praxis Schule 5-10* (2), 58–60.
- Hempel, M. (2010). Zur Anschlussfähigkeit der Sachfächer an den Sachunterricht - eine Erkundungsstudie. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), *Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht* (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Band 20, S. 75–82). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kramer, R.-T., Helsper, W., Thiersch, S. & Ziems, C. (2009). *Selektion und Schulkarriere. Kindliche Orientierungsrahmen beim Übergang in die Sekundarstufe I* (Studien zur Schul- und Bildungsforschung, Band 29). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Liegmann, A. B. (2014). Der Grundschulübergang als komplexer Prozess. Empirische Forschung zum Übergang von der Primarstufe in die Sekundarstufe I. In A. Liegmann, I. Mammes & K. Racherbäumer (Hrsg.), *Facetten von Übergängen im Bildungssystem. Nationale und internationale Ergebnisse empirischer Forschung* (S. 35–48). Münster [u.a.]: Waxmann.
- Meidinger, H.-P. (2010). Der Übertritt auf eine weiterführende Schule - konkret und grundsätzlich. In S. Lin-Klitzing, D. Di Fuccia & G. Müller-Frerich (Hrsg.), *Übergänge im Schulwesen. Chancen und Probleme aus sozialwissenschaftlicher Sicht* (Gymnasium, Bildung, Gesellschaft, S. 19–34). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2008a). *Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Chemie*. Frechen: Ritterbach.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2008b). *Lehrplan Sachunterricht für die Grundschulen des Landes Nordrhein-Westfalen*. Frechen: Ritterbach.
- Möller, K. (2010). Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang. In A. a. Campo (Hrsg.), *Übergänge gestalten. Naturwissenschaftliche und technische Bildung am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe* (VDI-Report / Verein Deutscher Ingenieure, Band 40, S. 15–36). Düsseldorf: VDI.
- Möller, K. (2014). Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht - Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (20), 33–43.
- Möller, K., Kleickmann, T. & Lange, K. (2013). Naturwissenschaftliches Lernen im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe. In H. E. Fischer & E. Sumfleth (Hrsg.), *nwu-essen - 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht* (Studien zum Physik- und Chemie lernen, Band 100, S. 57–120). Berlin: Logos.
- Pfeifer, P. (2012). Vom Anfangsunterricht zum Fachunterricht. Begriff, Rahmenbedingungen und Gestaltungsspielraum. *Unterricht Chemie*, 23 (130/131), 85–87.
- Rieck, K. & Fischer, C. (2010). Die Gestaltung des Übergangs als Aufgabe der Unterrichtsentwicklung: Erfahrungen aus SINUS-Transfer Grundschule. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), *Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht* (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Band 20, S. 41–48). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Tillmann, K.-J. (2012). *Das Sekundarschulsystem auf dem Weg in die Zweigliedrigkeit*. Zugriff am 11.06.2018. Verfügbar unter <http://www.redaktion-paedagogik.de/2012/05/das-sekundarschulsystem-auf-dem-weg-in-die-zweigliedrigkeit/>.

Marisa Pfläging<sup>1</sup>  
 Patrick Enkrott<sup>1</sup>  
 David Buschhüter<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Potsdam

## Einschätzung der beruflichen Relevanz physikalischen Fachwissens

Die Lehramtsausbildung besteht in Deutschland aus drei Phasen, in denen (angehende) Lehrkräfte Kompetenzen erlangen, die als notwendig für die Bewältigung beruflicher Anforderungen angenommen werden. In der ersten Phase – der Ausbildung in der Universität oder pädagogischen Hochschule – überwiegt dabei zunächst der Erwerb fachwissenschaftlicher Inhalte (Beschluss der KMK, 2004). Obwohl die Ausprägung des Fachwissens einer Lehrkraft für das tiefgehende Verständnis des Schulstoffes notwendig ist (Shulman, 1987) und eine Grundlage für die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens bildet (Baumert & Kunter, 2011), wird der Fachwissenserwerb in der ersten Phase von einigen Lehramtsstudierenden teilweise als wenig wirksam für die spätere berufliche Tätigkeit wahrgenommen (AG Studienqualität, 2011). Die Wirksamkeit dieser Phase bezüglich des Kompetenzerwerbs von angehenden Physiklehrkräften wird im Rahmen der ProfiLe-P+-Studie im Laufe des Studiums untersucht. Dabei wird angenommen, dass die fachliche und die fachdidaktische Kompetenz einen Einfluss auf die Bewältigung beruflicher Anforderungen, wie der Planungs-, Erklär- und Reflexionsperformanz haben (Vogelsang, Borowski, Kulgemeyer & Riese, 2017). Um den Einfluss der Fachkompetenz zu untersuchen, wird mit einem Multiple-Choice-Test aus 48 Aufgaben physikalisches Fachwissen, welches in der Universität gelernt wird, bei Lehramtsstudierenden der Physik im Laufe des Studiums erhoben. Um nun der Frage nach der Wirksamkeit der fachwissenschaftlichen Lehramtsausbildung für die Bewältigung späterer beruflicher Anforderungen auf den Grund zu gehen, wurde untersucht, inwiefern sich mit dem Fachwissenstest der ProfiLe-P+-Studie auch inhaltsvalide das Merkmal „beruflich relevantes Fachwissen“ erheben lässt. Dazu wurden Physiklehrkräfte mit langjähriger Berufserfahrung, also Expertinnen und Experten auf dem Gebiet des Planens, Durchführens und Reflektierens von Physikunterricht, befragt.

### Die Operationalisierung des physikalischen Fachwissens im Rahmen von ProfiLe-P+

Der Fachwissenstest erhebt physikalisches Fachwissen mit Aufgaben zu den Fachwissensfacetten *Schulwissen (SW)*, *universitäres Wissen (UW)* und *vertieftes Schulwissen (VSW)*. Beim SW handelt es sich dabei um Inhalte der Grundkurse der Oberstufen nach den Lehrplänen der am Projekt teilnehmenden Bundesländer, das UW umfasst Inhalte, die für Modulprüfungen im Physikstudium erforderlich sind (Riese et al., 2015) und das VSW beinhaltet das Erkennen von Herleitungs- und Lösungsansätzen, den Umgang mit Modellgrenzen sowie das Identifizieren von Gemeinsamkeiten und Unterschieden physikalischer Entitäten (Enkrott, Buschhüter & Borowski, 2017).

### Forschungsfragen und Hypothesen

Zur Überprüfung der Inhaltsvalidität des beschriebenen Fachwissensinstruments bezüglich des Merkmals „beruflich relevantes Fachwissen“ und bezüglich der Untersuchung der Wirksamkeit der ersten Phase der Lehramtsausbildung lassen sich zwei Forschungsfragen formulieren:

- **F1:** Wie berufsrelevant werden die Aufgaben des Fachwissenstests zur Fachwissensfacette *SW*, *UW* und *VSW* von Physiklehrkräften eingeschätzt?



- **F2:** An welchem Lernort wurden die als relevant und die als irrelevant eingeschätzten Inhalte der Aufgaben des Fachwissenstests von Physiklehrkräften gelernt?

Aufgrund der Operationalisierung des Fachwissens kann bezüglich der Beantwortung von Forschungsfrage 1 vermutet werden, dass die Aufgaben des Fachwissenstests zu den intendierten Facetten SW und VSW von Physiklehrkräften als besonders berufsrelevant eingeschätzt werden. Offen ist jedoch, inwiefern Fachwissen, das nur in der Universität gelehrt (und gelernt) wird, relevant für die Tätigkeit als Physik Lehrperson beurteilt wird. Da die zweite Forschungsfrage von der ersten abhängig ist, handelt es sich hierbei um eine offene Forschungsfrage mit explorativem Erkenntnisinteresse.

### Methodisches Vorgehen

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Stichprobe aus der Grundgesamtheit aller Gymnasiallehrkräfte in Deutschland, die sowohl in der Sek. I als auch in der Sek. II das Fach Physik unterrichten und eine Berufserfahrung von mehr als 5 Jahren als „vollausgebildete“ Physik Lehrperson aufweisen, untersucht. So konnten schließlich acht Physik Lehrkräfte fünf verschiedener brandenburgischer Gymnasien und eines nordrheinwestfälischen Gymnasiums mit einer Berufserfahrung von jeweils 17-40 Jahren in fokussierten Interviews (Döring & Bortz, 2016) über die berufliche Relevanz 12 ausgewählter Aufgaben (jeweils 4 Aufgaben zu den verschiedenen Wissensfacetten) aus dem Fachwissenstest befragt werden. Eine dieser Lehrpersonen hat während der beruflichen Laufbahn ungefähr 13 Jahre lang ein Studienseminar, u.a. für das Fach Physik, geleitet. Das Interview begann zunächst mit einer Einstiegsfrage zum beruflichen Werdegang der befragten Lehrkraft. Im Anschluss daran wurden die Testaufgaben beurteilt. Dabei wurde zunächst die Vorgehensweise anhand einer Warm-Up-Aufgabe, die nicht mitausgewertet wurde, verdeutlicht. Auf diese Weise wurden schließlich auch die restlichen Aufgaben schrittweise durchlaufen und jeweils von der befragten Physik Lehrkraft mit einer für die Beurteilung der beruflichen Relevanz konstruierten vierstufigen bipolaren Rating-Skala eingeschätzt. Diese Einschätzung sollte im Anschluss daran mündlich begründet werden und es wurde mit einer zusätzlichen offenen Frage nach dem Lernort des Aufgabeninhalts gefragt. Mit einem ergänzenden Fragebogen und weiteren mündlichen Fragen wurden abschließend demografische Daten zur Berufserfahrung und persönliche Einstellungen zur Bedeutung des physikalischen Fachwissens für die berufliche Tätigkeit als Physik Lehrperson erhoben. Schließlich konnten die beiden Forschungsfragen quantitativ ausgewertet werden, wobei dies bei der zweiten Forschungsfrage durch eine adaptierte induktive Kategorienbildung nach Mayring (2015) mithilfe eines validierten Kodiermanuals ( $\kappa \approx .86/.97$ ) erfolgte.

### Ergebnisse zu Forschungsfrage 1

Die Aufgaben des Fachwissenstests zu den intendierten Facetten SW ( $M_{SW}=3,41$ ,  $SD_{SW}=0,61$ ) und VSW ( $M_{VSW}=3,47$ ,  $SD_{VSW}=0,67$ ) werden von Physik Lehrkräften im Mittel als „relevant“ eingeschätzt, die Aufgaben zur intendierten Facette UW dahingegen als „eher irrelevant“ ( $M_{UW}=2,19$ ,  $SD_{UW}=1,03$ ).

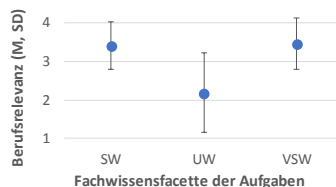


Abb. 1: Mittelwerte der jeweils 32 Berufsrelevanzeinschätzungen der Aufgaben zum SW, VSW und UW (y-Achse: 1=„irrelevant“, 2=„eher irrelevant“, 3=„relevant“, 4=„sehr relevant“)

### Ergebnisse zu Forschungsfrage 2

Als Lernorte der als „(sehr) relevant“ eingeschätzten Aufgaben werden von Physiklehrkräften überwiegend die Orte „in der Hochschule“ und „in der eigenen Schulzeit“ geäußert. Bei den als „(eher) irrelevant“ eingeschätzten Aufgaben wird am häufigsten der Lernort „in der Hochschule“ genannt.

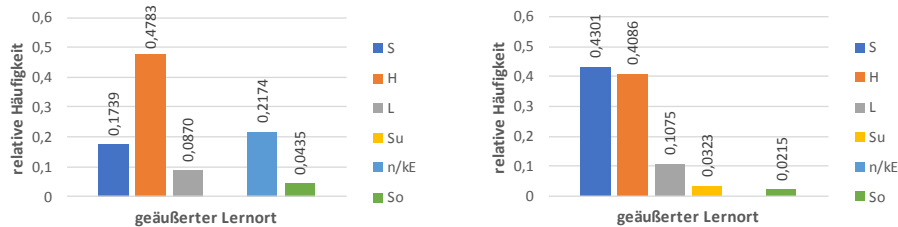


Abb. 2: Relative Häufigkeiten der geäußerten Lernorte für die Inhalte der als „sehr relevant“ und „relevant“ (rechts;  $N_{\text{relevant}}=93$ ) und der als „eher irrelevant“ und „irrelevant“ (links;  $N_{\text{irrelevant}}=23$ ) eingeschätzten Aufgaben (S:=in der eigenen Schulzeit, H:=in der Hochschule, L:=als Physik Lehrperson, Su:=in der Schule (undefiniert), n/kE:=Fachwissen wurde nirgendwo thematisiert/keine Erinnerung, So:=Sonstiges)

### Diskussion der Ergebnisse und Ausblick

Bezüglich der Beantwortung von Forschungsfrage 1 liegt erste Evidenz dafür vor, dass die Aufgaben zum SW und VSW des Fachwissenstests von Physiklehrkräften im Mittel als relevant für deren berufliche Tätigkeit eingeschätzt werden. Diese Ergebnisse weisen auf die Inhaltsvalidität der entsprechenden Aufgaben des Fachwissenstests bezüglich des Merkmals „beruflich relevantes physikalisches Fachwissen“ hin. Die Aufgaben zum UW werden von den befragten Physiklehrkräften im Mittel als weniger relevant eingeschätzt, wobei eine große „Unterschiedlichkeit“ in diesen Einschätzungen vorliegt. Es hat sich herausgestellt, dass die Befragungsperson, die u.a. ein Fachseminar für das Unterrichtsfach Physik geleitet hat, jede Aufgabe als „relevant“ oder „sehr relevant“ einschätzt, wohingegen die anderen Befragungspersonen für die Beurteilung drei oder vier Kategorien der Rating-Skala nutzen. Dies deutet auf ein unterschiedliches Relevanzempfindungsvermögen von Physiklehrkräften in Abhängigkeit von bestimmten Personenmerkmalen hin. Eine der vier Aufgaben zum UW wurde von allen bis auf einer der Lehrkräfte als „(eher) irrelevant“ eingeschätzt. Unklar ist, ob diese Einschätzungen von Aufgabenmerkmalen, wie der Aufgabenschwierigkeit abhängig sind. Um diese Zusammenhänge genauer zu erkunden, ist eine Untersuchung mit einer größeren Stichprobe sowie eine Korrelation der Ergebnisse mit der empirischen Aufgabenschwierigkeit der einzelnen Testaufgaben notwendig. Darüber hinaus kann die noch bevorstehende Auswertung der erhobenen Begründungen der Relevanzeinschätzungen Aufschluss darüber geben, warum die Aufgaben zum UW im Mittel als irrelevanter für die Tätigkeit als Physik Lehrperson eingeschätzt werden als die Aufgaben zum SW und VSW.

Die Beantwortung der Forschungsfrage 2 gibt Aufschluss darüber, dass fachphysikalische Inhalte existieren, die zwar von den Befragungspersonen in der Hochschule gelernt wurden, jedoch nicht wirksam bezüglich der Bewältigung beruflicher Anforderungen sind. Allerdings liegen keine Hinweise auf die Qualität des Unterrichts der befragten Lehrkräfte vor und darüber hinaus liegt das Lehramtsstudium bei den Befragungspersonen lange zurück, sodass die Erinnerungen an diese Phase möglicherweise nur noch schwach ausgeprägt sind und somit unklar ist, wie gut die Befragungspersonen dazu in der Lage sind, zwischen den verschiedenen möglichen Lernorten zu trennen. Die Ergebnisse zeigen jedoch die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen über die Wirksamkeit der ersten Phase der Lehrerinnen- und Lehrerbildung für die berufliche Tätigkeit als Lehrperson auf.

## Literatur

- AG Studienqualität (2011). *Allgemeiner Bericht zur Onlinebefragung Professionsorientierung/Berufsqualifizierung im Lehramtsstudium an der Universität Potsdam*. Potsdam: Universität Potsdam. Verfügbar unter [https://pep.uni-potsdam.de/media/reports/up\\_zfl\\_umfrage-professionsorientierung-lehramt\\_2011.pdf](https://pep.uni-potsdam.de/media/reports/up_zfl_umfrage-professionsorientierung-lehramt_2011.pdf)
- Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das mathematikspezifische Wissen von Lehrkräften, kognitive Aktivierung im Unterricht und Lernfortschritte von Schülerinnen und Schülern. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S.163–192). Münster: Waxmann.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Enkrott, P., Buschhüter, D. & Borowski, A. (2017). Modeling and Development of Professional Content Knowledge of Pre-Service Physics Teachers. In C. Mauerer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Regensburg 2017* (Bd. 38, S.879). Regensburg: Universität Regensburg. Verfügbar unter [www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP\\_Band38.pdf](http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band38.pdf)
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (12., überarbeitete Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y. et al. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke, & O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.). *Kompetenzen von Studierenden: 61. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik* (S. 55–79). Weinheim: Beltz.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften* (Beschluss der Kultusministerkonferenz [KMK] vom 16.12.2004 i. d. F. vom 12.06.2014). Verfügbar unter [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf)
- Vogelsang, C., Borowski, A., Kulgemeyer, C. & Riese, J. (2017). Profile-P+ - Entwicklung von Kompetenz und Performanz im Physiklehramt. In C. Mauerer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Regensburg 2017* (Bd. 38, S.879). Regensburg: Universität Regensburg. Verfügbar unter [www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP\\_Band38.pdf](http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band38.pdf)

Thomas Schubatzky<sup>1</sup>  
 Claudia Haagen-Schützenhöfer<sup>1</sup>  
 Lana Ivanjek<sup>2</sup>  
 Martin Hopf<sup>2</sup>  
 Jan-Philipp Burde<sup>3</sup>  
 Thomas Wilhelm<sup>3</sup>  
 Liza Dopatka<sup>4</sup>  
 Verena Spatz<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universität Graz  
<sup>2</sup>Universität Wien  
<sup>3</sup>Goethe-Universität Frankfurt  
<sup>4</sup>TU Darmstadt

## **Professionsforschung im Zuge eines DBR-Projekts**

### **Einleitung und Ziele**

In einer Kooperation der Karl-Franzens Universität Graz, der Goethe-Universität Frankfurt, der Universität Wien und der TU Darmstadt wird aktuell ein Design-Based Research Projekt („Elektrizitätslehre mit Potenzial & Kontexten, EPo-EKo“, Wilhelm et al. 2018) zum Anfangsunterricht in der Elektrizitätslehre durchgeführt. Ziel dieses Projekts ist es zu identifizieren, welche Lernumgebungen einen Konzeptwechsel bei den SuS am besten unterstützen: „konventioneller Physikunterricht“, „konventioneller Physikunterricht“ mit Kontextorientierung oder ein Unterricht nach dem Frankfurter Elektronengasmodell (Burde 2018) mit oder ohne Kontextorientierung.

„Konventioneller Unterricht“ ist ein Terminus, der meist als Kollektivum für die unterschiedlichen Sachstrukturen und Unterrichtsmethoden zu sehen ist, die Lehrkräfte in ihrem Unterricht umsetzen. Häufig resultiert diese Pauschalisierung in der impliziten Annahme, dass alle Lehrkräfte mit ihrem Unterricht ähnliche Ziele bzw. ähnliche Sachstrukturen verfolgen. Um einen differenzierten Blick auf die Ergebnisse von Interventionsstudien und ein tieferes Verständnis von Akzeptanzhürden bei der Umsetzung neuer Unterrichtsmaterialien zu erhalten, ist es nötig, sich explizit mit „konventionellem Unterricht“ auseinanderzusetzen. Ein Ziel von EPo-EKo ist es deshalb u.a. zu untersuchen, was unter „konventionellem Anfangsunterricht zur Elektrizitätslehre“ in Teilen Österreichs, Bayerns und Hessens verstanden werden kann.

Ein Teilziel dabei ist herauszufinden, welche handlungsleitenden Motive Lehrkräfte haben, welche themenspezifischen Ziele Lehrkräfte mit ihrem Unterricht verfolgen und welche Ähnlichkeiten sich in den unterschiedlichen Auffassungen und Zugängen (Sachstrukturen) zum Anfangsunterricht der Elektrizitätslehre finden lassen. Außerdem soll untersucht werden, in welcher Relation diese Aspekte zum fachdidaktischen Wissen der Lehrkräfte als auch zu Schülervariablen (Konzeptwissen, Interesse & physikbezogenes Selbstkonzept) stehen. Einen weiteren Forschungsfokus des hier vorgestellten Teilprojekts stellt die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens und der handlungsleitenden Motive der teilnehmenden Lehrkräfte während der Umsetzung eines neuen Unterrichtskonzepts dar, welches auf dem von Burde (2018) entwickelten Frankfurter Elektronengasmodell basiert. Dabei soll auch untersucht werden, welchen Einfluss das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte auf die Akzeptanz, Umsetzung und Adaptierung der Unterrichtsmaterialien hat. Daraus resultieren die folgenden Forschungsfragen.

### **Forschungsfragen**

- Wie konzipieren Lehrkräfte in Österreich, Bayern und Hessen den Anfangsunterricht zur Elektrizitätslehre?

- Wie lassen sich das fachdidaktische Wissen und die Vorstellungen der teilnehmenden Lehrkräfte zum Elektrizitätslehreunterricht beschreiben?
- Welche der in Forschungsfrage (1) und (2) erhobenen Aspekte bilden Prädiktoren für den Lernerfolg von SchülerInnen?
- Wie verändert die Implementierung eines neuen Unterrichtskonzepts das fachdidaktische Wissen und die Vorstellungen der teilnehmenden Lehrkräfte zum Elektrizitätslehreunterricht?
- Welche Rolle spielt das fachdidaktische Wissen zum Elektrizitätslehreunterricht der Lehrkräfte für die Akzeptanz, Umsetzung und Adaptierung von neuen Unterrichtskonzepten?
- Können Rahmenbedingungen für eine besonders konzepttreue Umsetzung des neuen Unterrichtskonzepts identifiziert werden?

### Studiendesign und Methoden der Projektjahre 1 und 2

Im ersten Projektjahr von EPo-EKo unterrichten die teilnehmenden Lehrkräfte (N~60) die Elektrizitätslehre wie gewohnt. Hierbei steht die Analyse des „konventionellen Anfangselektrizitätslehreunterrichts“ sowie der handlungsleitenden Motive der Lehrkräfte im Vordergrund. Methodisch wird dies mithilfe einer Triangulation aus drei Aspekten durchgeführt: Die Lehrkräfte füllen nach jeder unterrichteten Einheit ein sogenanntes Unterrichtstagebuch aus; die Lehrkräfte stellen nach dem Unterricht zur Elektrizitätslehre ein vollständiges Schülerheft zur Verfügung und mit einem Teil der Lehrkräfte werden Interviews durchgeführt, die zur zusätzlichen Validierung dienen. Aus dieser Triangulation werden schließlich mehrere Variablen aus unterrichtlichen Oberflächenmerkmalen (Sachstruktur, eingesetzte Modelle und Analogien, eingesetzte Experimente, ...), die zur Charakterisierung des E-Lehre-Unterrichts dienen, formuliert. Die so gefundenen Variablen werden schließlich mittels Clusteranalyse weiter untersucht, um zu analysieren, ob sich unterschiedliche „Unterrichtstypen“ in Bezug auf den Elektrizitätslehreunterricht feststellen lassen. Schließlich soll die Beziehung dieser Variablen und Typen sowohl zum fachdidaktischen Wissen der Lehrkräfte als auch zu erhobenen Schülervariablen untersucht werden. Der Ablauf der einzelnen Schritte ist Abbildung 1 zu entnehmen.

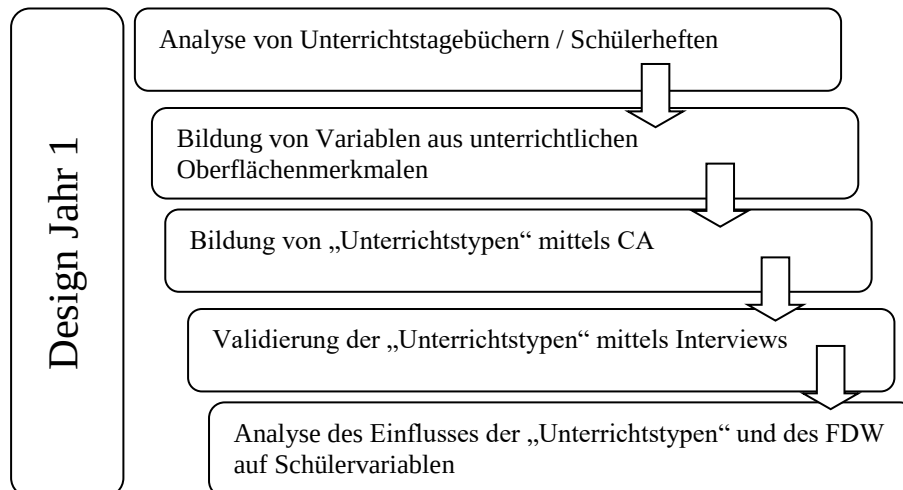


Abb.1: Studiendesign Projektjahr 1

Das fachdidaktische Wissen zum Elektrizitätslehreunterricht wird dabei mittels bereits bestehender (Joswig & Riese, in diesem Band) sowie weiterentwickelter (Ergönenc et al. 2014) Testinstrumente erhoben und beinhaltet Wissen über Schülervorstellungen und Wissen über Instruktionsstrategien. Das gesamte Testinstrument, welches neben dem Test zum fachdidaktischen Wissen auch Skalen zu Einstellungen (u.a. epistemologische Vorstellungen, Einstellungen zu NoS, Riese 2009) und zur Selbstwirksamkeitserwartung im Handlungsfeld Schülervorstellungen (Meinhardt et al. 2016) enthält, wurde an Lehramtsstudierenden (N = 88) und Unterrichtspraktikanten (N = 30) pilotiert. Das Partial Credit Model des Tests zum fachdidaktischen Wissen zeigte sowohl passende Reliabilität (EAP-Reliability = 0.75) als auch Item-Fit-Werte ( $0.8 < \text{Infit/MNSQ} < 1.2$ ). Die eingesetzten Einstellungs-Skalen weisen ebenfalls zufriedenstellende Reliabilitäten auf ( $0.68 < \text{EAP-Reliability} < 0.84$ ).

In Projektjahr 2 wird der Unterricht der Lehrkräfte, welche mit dem Frankfurter Elektronengasmodell unterrichten, näher analysiert. Dabei soll vor allem untersucht werden, wie die am Projekt teilnehmenden Lehrkräfte die zur Verfügung gestellten Unterrichtsmaterialien akzeptieren, adaptieren und umsetzen; aber auch welche Rolle dabei das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte spielt. Das Design in Projektjahr 2 weist deshalb sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zum Design in Projektjahr 1 auf: Die Lehrkräfte füllen wiederum ein Unterrichtstagebuch nach jeder Unterrichtseinheit zur Elektrizitätslehre aus. Neben Schlüsselbegriffen der Einheit und eingesetzten Experimenten soll dabei vor allem darauf eingegangen werden, welche Aspekte der Unterrichtsmaterialien die Lehrkräfte (a) uneingeschränkt nutzen, (b) in adaptierter Form nutzen oder (c) nicht in ihren Unterricht einbauen. Die Ergebnisse der Analyse der Unterrichtstagebücher werden wiederum mithilfe von Schülerheften als auch Interviews validiert. Dies soll einen Einblick liefern, inwiefern die Lehrkräfte die Unterrichtsmaterialien akzeptieren und welche Aspekte sowohl kritisch betrachtet als auch bedenkenlos übernommen werden und von welchen Faktoren dies bedingt wird. Anschließend wird der Einfluss des fachdidaktischen Wissens als auch der in Projektjahr 1 festgestellten Unterrichtstypen auf die Umsetzung und Adaptierung der Materialien untersucht. Schließlich wird auch in Projektjahr 2 der Zusammenhang zwischen Grad der Umsetzung und Adaptierung der Materialien und Lernerfolg der SchülerInnen ermittelt.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Interventionsstudien, die im Rahmen der Implementation von neu entwickelten Unterrichtskonzepten und -materialien durchgeführt werden, spielen eine feste Rolle in der fachdidaktischen Forschung. Wird über derartige Feldstudien berichtet, so steht meist die genaue Beschreibung der Treatmentgruppen-Intervention im Vordergrund, während auf die Beschreibung der unterschiedlichen Maßnahmen, die an einer Kontrollgruppe umgesetzt werden, weitestgehend verzichtet wird. Im Rahmen dieses Teilprojekts von EPo-EKo soll deshalb mit den beschriebenen Mitteln versucht werden, einerseits die Interventionen im konventionellen Elektrizitätslehreunterricht näher zu beleuchten; andererseits sollen mögliche Akzeptanzhürden von Lehrkräften identifiziert und analysiert werden. Dies soll eine möglichst großflächige und niederschwellige Implementierung unterrichtlicher Innovationen unterstützen. Zudem zeigte sich in der Pilotierung der Testinstrumente, dass diese für den Einsatz im Gesamtprojekt geeignet sind.

**Literatur**

Burde, Jan-Philipp (2018): Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells: Logos Verlag Berlin

Ergönenc, J.; Neumann, Knut; Fischer, Hans (2014): The Impact of Pedagogical Content Knowledge on Cognitive Activation and Student Learning. In: Hans Fischer, Peter Labudde, Knut Neumann und Jouni Viiri (Hg.): Quality of Instruction in Physics. Münster / New York: Waxmann, S. 13–30.

Meinhardt, Claudia; Rabe, Thorid; Krey, Olaf (2016): Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. Skaldokumentation. Martin-Luther Universität. Halle-Wittenberg.

Riese, Josef (2009): Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften: Logos Verlag Berlin.

Wilhelm, Thomas; Burde, Jan-Philipp; Spatz, Verena; Haagen-Schützenhöfer, Claudia; Hopf, Martin (2018): Elektronengasmodell und Kontextorientierung - ein binationales Projekt. In: Maurer Christian (Hg.): Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimension, S. 772–775.

Andrea Maria Schmid<sup>1</sup>  
Dorothee Brovelli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Luzern

## **Affektive Wirkungen technischer Forschungskontexte im Lehramtsstudium**

Im Rahmen des schweizweiten Projekts «Aufbau eines nationalen MINT-Netzwerks» erarbeiten pädagogische und technische Hochschulen gemeinsame MINT-Förderprojekte für das Lehramtsstudium. In einem Teilprojekt analysierten Lehramtsstudierende der Sekundarstufe 1 während eines Seminars über ein Semester hinweg aktuelle Forschungsprojekte der technischen Fachhochschule (im Folgenden Forschungskontexte genannt), erfassten die zugrundeliegenden physikalischen Konzepte und bereiteten daraus kontextualisierte Lernumgebungen mit Lehrplanbezug für Schüler\*innen der Sekundarstufe 1 vor. Es werden Ursachen und Wirkungen affektiver Merkmale während der Seminardurchführung mit kontextualisierten Lernmaterialien untersucht.

### **Theoretischer Hintergrund**

Die fachdidaktische Forschung rund um kontextualisiertes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht hat sich in den letzten Jahren verstärkt (u.a. Fechner, 2009; van Vorst, 2013; Löffler, 2016; Habig, 2017). Bisherige Ergebnisse zeigen, dass Kontextualisierung einen positiven Einfluss auf die affektiven Schülercharakteristika wie z.B. Interesse hat. Bei den kognitiven Auswirkungen liegen unterschiedliche Ergebnisse vor (Bennett et al., 2007). Der Grad der Kontextualisierung von Aufgaben hängt dabei von der Anzahl der Elemente in der Oberflächenebene und der Elemente in der Modellebene ab (Löffler & Kauertz, 2016). Mit steigender Kontextualisierung nimmt daher meist auch die kognitive Belastung beim Denken bzw. Lösen der Aufgabe zu. Kontexte lassen sich durch verschiedene Merkmale auf Lernenden- bzw. Kontextebene charakterisieren. Diesen beiden Ebenen übergeordnet stehen u.a. die Merkmale Bekanntheitsgrad (Alltagsbezug / Besonderheit) sowie Authentizität (van Vorst et al., 2015). Die Zusammenhänge von Inhalt und Kontext können als Schlüsselfaktoren für die Entwicklung der Interessen in den Naturwissenschaften angesehen werden (Elster, 2007). Interesse als multidimensionale Variable wird als dynamischer Prozess zwischen einer Person und einem Objekt verstanden – sogenannte Personen-Objekt-Interessentheorie (Krapp & Schiefele (1996) – und kann auf drei Komponenten zurückgeführt werden: epistemische Valenz (Wissenskomponente), emotionale Valenz (Gefühls- und Emotionskomponente) und wertbezogene Valenz (Wertkomponente). Interesse kann dabei während der Auseinandersetzung mit einer Thematik in der Situation vorhanden sein (situationales bzw. dispositionales Interesse) oder gar in einen dauerhaften Zustand überführt werden (individuelles Interesse) (Hidi & Renniger; Dierks, Höffler, & Parchmann, 2014). Neben geschlechts- und altersabhängigen Interessen spielt auch das akademische bzw. fachbezogene Selbstkonzept eine wesentliche Rolle bei der Studien- und Berufswahl. Im Bereich der Physik haben Jungen nachweislich ein höheres Selbstkonzept als Mädchen (Schilling, Sparfeldt & Rost, 2006). Auch Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik haben einen Einfluss darauf, wie stark sich eine Person mit einem Bereich identifiziert. Der so genannte Selbst-Prototypen-Abgleich (Kessels, 2015) zeigt auf, dass Personen eine bestimmte Vorstellung über Physiker\*innen haben und diesen Prototypen mit dem eigenen Selbst zur möglichen Passung vergleichen. Physik gilt generell als männlich. Gemäß der Trait-State-Theorie können solche Einstellungen situationsabhängig als latenter Strait-Wert betrachtet und daher verändert werden (Kelava & Schermelleh-Engel, 2008). Die Lehrperson kann methodisch und didaktisch u.a. durch ihre Vorbilds- und Vermittlungsrolle eine positive Interessensentwicklung fördern (Kessels, 2015; Makarova & Herzog, 2015). Interventionen



Maßnahmen in den Naturwissenschaften sind daher notwendig und sinnvoll, sowohl auf der Ebene der (angehenden) Lehrpersonen als auch auf der Zielstufe der Schüler\*innen.

### **Forschungsfragen und Methodik**

- F1: Wie muss ein Kontext aus der physikalisch-technischen Forschung beschaffen sein, um das Interesse von Lehramtsstudierenden zu wecken und aufrechtzuerhalten?
- F2: Beeinflusst das Erstellen und Durchführen einer Unterrichtsminiatur zu physikalisch-technischen Forschungsthemen das situationale und individuelle Interesse, die Einstellungen zu Physik und Technik und das entsprechende Selbstkonzept?
- F3: Welche Zusammenhänge lassen sich zwischen den erhobenen Konstrukten feststellen?

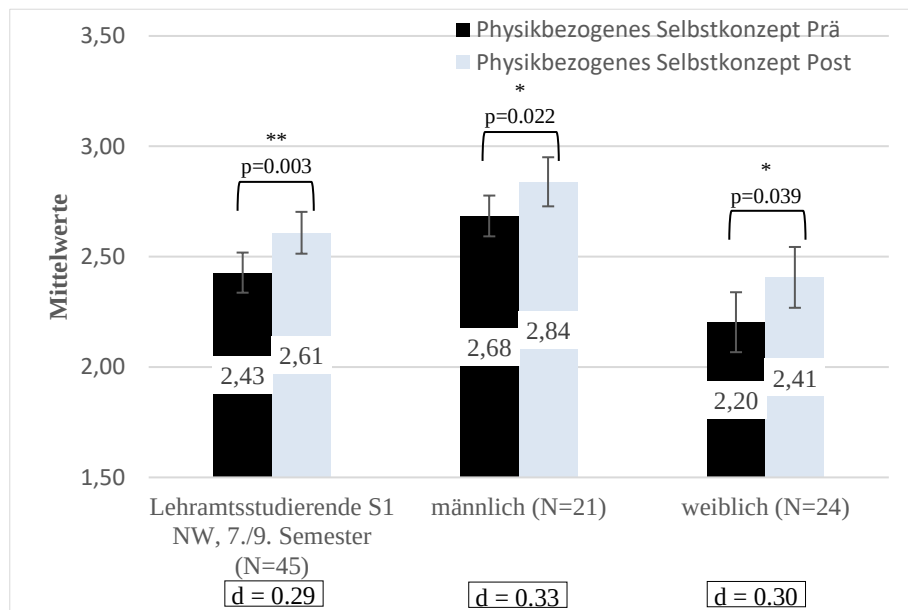
Die Interventionsstudie wurde im Herbst 2017 mit Lehramtsstudierenden (N=45) aus dem Fachbereich Naturwissenschaften im 7. und 9. Semester im Zeitraum von einem Semester (12 Wochen à 2 Lektionen) pilotiert. Grundlage boten sechs verschiedene aktuelle Forschungskontexte der Fachhochschule Luzern, die auf Grund der Lehrplanbezüge zu Physik und Technik ausgewählt wurden: Kontext 1: Licht für gesunde und produktive Arbeitsplätze, Kontext 2: Licht-Dosimeter zum Messen der Lichtintensität und deren Auswirkung auf den Melatoninspiegel, Kontext 3: Energy-Harvesting, Kontext 4: Werkstoffprüfung in kleinen Dimensionen, Kontext 5: Latentspeicher für Heiz- und Kühlanwendungen, Kontext 6: Messung von Schalleistungspegel-Werten. Die anschließend von den Lehramtsstudierenden erstellten Unterrichtsminiaturen (vgl. Einleitung) wurden zum Seminarabschluss in den Labors der technischen Fachhochschule von den Studierenden selbst mit Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 durchgeführt. Während des ganzen Prozesses wurden die angehenden Lehrpersonen von Dozierenden der Pädagogischen Hochschule sowie von wissenschaftlichen Mitarbeitenden der technischen Fachhochschule unterstützt.

Als Prä-Post-Design wurden vor der ersten und nach der letzten Seminarveranstaltung die Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik (nach Boerlin, Beerenwinkel & Labudde, 2014), die intrinsische Lernmotivation und das individuelle Interesse mit Fach- und Sachinteresse (nach Rheinberg & Wendland, 2002; Sumfleth & Wild, 2005) sowie das physikbezogene Selbstkonzept (nach Sumfleth & Wild, 2005; Hoffmann et al., 1998) erhoben. Während der ersten Seminarveranstaltung setzten sich die Studierenden zudem anhand von Projektbeschreibungen mit den sechs verschiedenen Forschungskontexten auseinander und erfassten schriftlich die wesentlichen Kontextelemente auf Grund der drei Interessenskomponenten. Für die darauffolgenden Veranstaltungen erhielten die Lehramtsstudierenden in Kleingruppen jeweils einen randomisiert zugewiesenen Forschungskontext, den sie kennenlernten und zu dem sie den theoretischen Hintergrund mit Lehrplanbezug erfassten (vgl. Einleitung). In dieser Phase wurden das situationale Interesse (nach Habig, 2017; van Vorst, 2013; Fechner, 2009), die Kontextmerkmaleinschätzung (nach Habig, 2017; van Vorst, 2013) sowie die kognitive Belastung (nach Kalyuga et al., 1999; Paas, 1992) gemessen. Der Posttest wurde unmittelbar nach dem Erstellungsprozess und der Durchführung der Unterrichtsminiatur an der technischen Fachhochschule erfasst.

### **Vorläufige Ergebnisse**

Die Pilotstudie zeigt, dass keine Änderungen des zu Beginn bereits hohen individuellen Interesses feststellbar sind (Prätest: Sachinteresse (M=3.03), Fachinteresse (M=2.72), wertbezogene Valenz (M=3.02); Skala 1-4). Dies ist auf die freiwillige Fächerwahl Naturwissenschaften (Biologie, Chemie und Physik integrativ) zurückzuführen. Im Bereich des situationalen Interesses finden sich bei der emotionalen Valenz keine signifikanten Unterschiede zwischen den Forschungskontexten, jedoch bei der wertbezogenen Valenz ( $F(5/37)=3.88$   $p<0.05$ ,  $N=43$ ) trotz teilweise gleicher Ausprägung der Kontextmerkmale. Diese Unterschiede lassen sich allerdings nur auf Probandinnen zurückführen ( $F(5/16)=4.02$ ,

$p < 0.05$ ,  $\eta^2 = 0.56$ ,  $N = 22$ ). Eine Post-hoc-Berechnung zeigt, dass sich die Unterschiede nur auf die Forschungsprojekte 3 und 5 beziehen. Die Messwerte der kognitiven Belastung unterscheiden sich nicht signifikant in den einzelnen Forschungskontexten: empfundene Aufgabenschwierigkeit ( $M = 3.31$ , Skala 1-7) / investierte Denkanstrengung beim Bearbeiten der Aufgabe ( $M = 4.95$ , Skala 1-7). Im Bereich der Einstellungen zeigen erste Ergebnisse, dass Studentinnen nach dem Seminar die Naturwissenschaften als kreativer einstufen und es als wichtiger erachten, dass Naturwissenschaften allgemein bekannt sein sollten. Beim physikbezogenen Selbstkonzept ist eine signifikante Steigerung für beide Geschlechter feststellbar (Abb. 1). Die konkreten Zusammenhänge der dargestellten Konstrukte (vgl. Fragestellungen) sind in der Hauptstudie zu prüfen.



1 = niedrig 4 = hoch; Fehlerbalken: Standardfehler des Mittelwertes

Abbildung 1: Ergebnisse zum physikbezogenen Selbstkonzept (Pilotstudie, 2017).

### Diskussion und Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse der Pilotstudie zeigen Effekte in den Bereichen Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik, situationales sowie individuelles Interesse und physikbezogenes Selbstkonzept. In der Hauptstudie werden mögliche Zusammenhänge dieser Skalen zur Entwicklung eines Identitätskonstrukts für angehende Physiklehrpersonen (Rabe, 2018) fokussiert. Dies wird als Teil der Berufsidentitätsarbeit betrachtet.

Die einzelnen Forschungskontexte weisen zwar unterschiedliche Einstufungen der Kontextmerkmale Alltäglichkeit und Besonderheit auf, deren Einfluss auf das situationale Interesse u.a. in Zusammenhang mit Authentizität gilt es aber noch zu prüfen. Die Kontextelemente werden in der Hauptstudie aufgrund der drei Interessenskomponenten genauer untersucht und eingeschätzt. Neben den Lehramtsstudierenden wird in der Hauptstudie auch die Schüler\*innenebene als Kurzintervention während der Durchführung der Unterrichtsminiaturen in den Laborräumlichkeiten der Fachhochschule Luzern miteinbezogen.

## Literatur

- Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life. A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91 (3), 347–370.
- Boerlin, J., Beerenwinkel, A. & Labudde, P. (2014). *Bericht Analyse MINT-Nachwuchsbarometer. Auswertung der Datenerhebung vom Frühsommer 2012* (Im Auftrag der Akademien der Wissenschaften Schweiz (a+), Hrsg.). Basel: PH FHNW, Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik.
- Dierks, P. O., Höffler, T. & Parchmann, I. (2014). Interesse von Jugendlichen an Naturwissenschaften. *CHEMKON*, 21, 111–116. <https://doi.org/10.1002/ckon.201410215>.
- Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland. *PLUS LUCIS* (3), 2–8. Zeitschrift der physikalisch-chemischen Gesellschaft in Österreich.
- Fechner, S. (2009). *Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 95). Zugl.: Duisburg-Essen, Univ., Diss., 2009. Berlin: Logos-Verl.
- Habig, S. (2017). *Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren*. (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 223). Zugl.: Duisburg, Essen, Univ., Diss., 2017. Berlin: Logos-Verl.
- Hidi, S. & Renninger, K. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist* Vol. 42 (2), 111–127.
- Hoffmann, L., Häussler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN:
- Kalyuga, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1999). Managing Split-attention and Redundancy in Multimedia Instruction. *Appl. Cognit. Psychol.* 13, 351–371.
- Kelava A., Schermelleh-Engel K. (2008). Latent-State-Trait-Theorie (LST-Theorie). In: Moosbrugger H., Kelava A. (Hrsg.). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. Springer-Lehrbuch*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kessels, U. (2015). Zur Kompatibilität von Geschlechtsidentität, MINT-Fächern und schulischem Engagement: Warum wählen Mädchen seltener Physik und machen häufiger Abitur als Jungen? In Bernholt, S. (Hrsg.). *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 35, 19–30). IPN Kiel.
- Krapp, A. & Schiefele, U. (1996). Topic interest and free recall of expository text. *Learning and Individual Differences*, 8(2), 141–160.
- Löffler, P. (2016). *Modellanwendung in Problemlöseaufgaben - wie wirkt Kontext?* Dissertation, Logos Verlag Berlin GmbH.
- Löffler, P. & Kauertz, A. (2016). Modellanwendung in Problemlöseaufgaben: Wie wirkt Kontext? In C. Maurer (Hrsg.). *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 36, 41–43). Universität Regensburg.
- Makarova, E. & Herzog, W. (2015). Trapped in the gender stereotype? The image of science among secondary school students and teachers. *Equality, diversity and inclusion: An international journal*, 34(2), 106–123.
- Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429–434.
- Rabe, T. & Krey, O. (2018). Identität als Analyseperspektive für die Physikdidaktik? In C. Maurer (Hrsg.). *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*. (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 38, 464–467). Universität Regensburg.
- Rheinberg, F. & Wendland, M. (2002). Veränderung der Lernmotivation in Mathematik. Eine Komponentenanalyse. *Zeitschrift für Pädagogik*. 45 (Beiheft), 308–320.
- Schilling, S., Sparfeldt, J. & Rost, D. (2006) Facetten schulischen Selbstkonzepts. Welchen Unterschied macht das Geschlecht? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20 (1/2), 9–18.
- Sumfleth, E. & Wild, E. (2005). *Schulische und familiäre Bedingungen des Lernens und Lernmotivation im Fach Chemie: Evaluation eines integrierten Interventionskonzeptes zur Säure-Base-Thematik*. Abschlussbericht des GFD-Projektes.
- Van Vorst, H. (2013). *Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 145). Zugl.: Duisburg, Essen, Univ., Diss., 2012. Berlin: Logos-Verl.
- Van Vorst, H., Dorschu, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H. & Sumfleth, E. (2015). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 29–39.

## Transferstrategien bei kontextualisierten Aufgaben zum physikalischen Energiekonzept

### Theoretischer Hintergrund

Theorien zum Begriff *Transfer* sind vielfältig und wurden seit Beginn des 20. Jahrhunderts im Fachgebiet der Psychologie beschrieben und weiterentwickelt. Haskell (2001) zeigt die historische Entwicklung des Transferbegriffs auf und hält fest, dass die heute aktuellen Transferdefinitionen auf vier primäre Modelle zurückgeführt werden können: *Formal Discipline Model*, *Identical Elements Model*, *General Principle Model*, *Stimulus Generalization Model* (für eine Übersicht vgl. Haskell, 2001, S. 77ff.). Gemeinsam ist den Definitionen, dass unter Transfer ein Vorgehen verstanden wird, bei dem zu einem früheren Zeitpunkt erworbenes Wissen in einem neuen Kontext angewandt wird (Dufresne et al., 2005). Das auf Thorndike & Woodworth (1901) zurückgehende Modell der *Identical Elements* bildet dabei die Grundlage für die Analyse von vielen Studien zum sogenannten traditionellen Transfer (Day & Goldstone, 2012). Dieser Theorieansatz fokussiert Ähnlichkeiten zwischen den Oberflächen- und Tiefenstrukturmerkmalen von Aufgaben und sagt voraus, dass Transfer dann erfolgen kann, wenn eine genügend hohe Similarität zwischen der ursprünglichen Lernaufgabe und der Transferaufgabe besteht (Royer et al., 2005), wobei Experten im Vergleich zu Novizen eher die Ähnlichkeiten in der Tiefenstruktur erkennen und damit häufiger einen Wissenstransfer vollziehen können. Nebst der Kontextualisierung der Lern- und Transferaufgaben haben weitere Faktoren wie das initiale Lernen, das Vorwissen, die kognitiven Fähigkeiten oder der subjektiv eingeschätzte *Cognitive Load* einen Einfluss auf den Transfererfolg im Sinne des traditionellen Transferbegriffs (Bransford et al., 2000; Chi & VanLehn, 2012; Barnett & Ceci, 2002; Day & Goldstone, 2012). Gick & Holyoak (1983) stellten zudem fest, dass Hilfestellungen in Form von Hinweisen über die Ähnlichkeit zwischen der Transfer- und Lernsituation die Wahrscheinlichkeit für einen erfolgreichen Transfer erhöhen.

In den letzten 15 Jahren etablierte sich ein moderner Transferbegriff (Lobato, 2006), der sich primär vom *Identical Elements Model* abgrenzt und darauf fokussiert, *wie, wann* und *was* transferiert wird (Barnett & Ceci, 2002; Royer et al., 2005). Es finden sich in Bezug auf den modernen Begriff verschiedene weiterentwickelte Theorien, die an dieser Stelle nur zusammenfassend und bezüglich der Relevanz für das beschriebene Forschungsprojekt aufgezeigt werden sollen. Martin & Schwartz (2013) vergleichen den Transfer mit Innovation und zeigen auf, dass das transferierte Wissen an eine neue, wenn auch strukturähnliche Situation angepasst werden muss. Personen, die ihr Wissen transferieren, verändern während dieses Prozesses ihre Konzepte, um dem neuen Kontext gerecht zu werden. In diesem als dynamisch bezeichneten und mit der *Conceptual Change Theory* in Verbindung gebrachten Verständnis von Transfer spielt die Umgebung, in der die Transfersituation eingebettet ist, eine zentrale Rolle. Vorwissen und aus der Transferumgebung abgeleitete Ideen werden neu koordiniert, woraus ein dynamischer Prozess bei der Anwendung respektive beim Transfer von Wissen erfolgt. In eine ähnliche Richtung gehen diSessa & Wagner (2005), die ihre *Coordination Class Theory* mit dem modernen, dynamischen Transferbegriff in Verbindung bringen und mit einer in der Physikdidaktik angesiedelten qualitativen Studie belegen. Die Autoren heben dabei die Koordination von Wissens-elementen in verschiedenen Kontexten hervor. Um überhaupt eine solche Koordination vornehmen zu können, braucht es *Readout*-Strategien. Mithilfe derer

können Personen wichtige Informationen aus einem bisher unbekannten Kontext herauslesen und ihre Aufmerksamkeit auf die für die Aufgabenbearbeitung zentralen Elemente des Kontexts lenken (diSessa & Wagner, 2005, S. 131). Ungeklärt ist, ob solche *Readout*-Strategien für den Transfer von Wissen allgemeiner Natur oder kontextspezifisch sind. Aus theoretischen Überlegungen und aus Interview-Transkriptionen von Dufresne et al. (2005) und Rebello et al. (2005), ebenfalls aus dem Bereich der Physikdidaktik, können *Readout*-respektive Transferstrategien hypothetisch hergeleitet werden. Mögliche Strategien lassen sich wie folgt beschreiben (die Auflistung der Strategien kann Lücken enthalten und ist empirisch noch nicht untersucht):

- Bewusstes Abgleichen von Kontextmerkmalen mit den eigenen Wissensselementen
- Mentales Testen von verschiedenen Koordinationen von Wissensselementen in Form eines Ausprobierens
- Bewusstes Suchen nach Ähnlichkeiten und Unterschieden in der Oberflächen- und Tiefenstruktur bezüglich eines bekannten Problems
- Koordinieren von Wissensselementen aufgrund von erkannten Analogien oder Unterschieden bei den Kontextmerkmalen
- Koordinieren der Wissensselemente in Bezug auf die von Kontextmerkmalen ausgelösten Erwartungen
- Systematisches Ein- oder Ausschließen von Knowledge Pieces durch das Formulieren und Überprüfen von Fragen an die Problemstellung

Abschliessend sei der Akteur-orientierte Transfer (Lobato, 2003) erwähnt. Dieser als Ausgangspunkt für den modernen Transferbegriff geltende Ansatz stellt die Perspektive des Individuums, das sein Wissen transferieren soll, ins Zentrum. Da das Verbessern des initialen Lernprozesses und das damit erwartete bessere Verständnis der Tiefenstruktur die Transferleistung nur selten erhöht, kritisiert Lobato (2003) das traditionelle Verständnis von Transfer. Die Autorin fordert, den Transferprozess bezüglich der individuellen Konstruktion der Similarität zwischen der Lern- und Transfersituation in den Vordergrund zu stellen. Es lassen sich aus dieser Sichtweise primär methodische Anforderungen für die zukünftige Transferforschung ableiten. So ist beispielsweise die Bedeutung der Oberflächenmerkmale einer kontextualisierten Aufgabe für den individuellen Transferprozess genauso zu untersuchen wie die Umgebung, in der ein Transfer stattfinden soll.

### **Forschungsfragen**

Ziel des hier beschriebenen Dissertationsprojekts ist die Erfassung und Beschreibung von Strategien, die während des Transferprozesses im Bereich des physikalischen Energiekonzepts von Schülerinnen und Schülern angewendet werden. Es ergeben sich, abgeleitet aus dem zuvor beschriebenen modernen Verständnis des Transfers nach Lobato (2003), diSessa & Wagner (2005) und Martin & Schwartz (2013), die folgenden Fragestellungen:

1. Welche Transferstrategien (*Readout*-Strategien) werden bei einer Transferaufgabe zum physikalischen Energiekonzept von Lernenden angewandt?
2. Wie nutzen Lernende beim Lösen einer Transferaufgabe respektive bei der Koordination von Wissensselementen die vorhandenen Kontextmerkmale der Transferaufgabe und die zur Verfügung stehenden Hilfestellungen?
3. Welchen Effekt haben Faktoren wie a) der vorangegangene Unterricht (initiales Lernen), b) der gewählte Lernkontext und c) der subjektiv wahrgenommene *Cognitive Load* der Transferaufgabe auf den Einsatz von Transferstrategien?

### **Studiendesign**

Die zur Untersuchung der oben beschriebenen Forschungsfragen geplante Studie beinhaltet sowohl einen qualitativen wie auch einen quantitativen Teil. In der ersten Teilstudie werden

mittels der „Think Aloud“-Methode explorativ der Einsatz von Strategien während des Transferprozesses erforscht. Nach Konrad (2010, S. 477) eignen sich die aus „Think Aloud“-Interviews entstehenden Transkripte, um „[...] prozedurale und dynamische Aspekte kognitiver Prozesse [...]“ sichtbar zu machen. Sandmann (2014) merkt an, dass „Think Aloud“ eine geeignete Methode zur Erfassung und Beschreibung von mentalen Operationen sei, wozu die Transferstrategien gezählt werden können, darstellt.

Die Pilotierung des qualitativen Teils der Erhebung zeigte unter anderem, dass Lernende im Alter zwischen 13 und 20 Jahren in der Lage sind, Gedanken beim Transferieren ihres physikalischen Energiekonzepts laut zu äußern. Dies gelang umso besser, wenn beim „Think Aloud“-Interview mehr als eine Probandin oder ein Proband eine Gruppe bildeten und jeweils auf die Äußerungen der anderen Person(en) reagieren konnten. Es zeigte sich zudem, dass während des Transferierens neues Wissen mithilfe von Hilfestellungen oder Kontextmerkmalen der Aufgabenstellung konstruiert wird, was dem der Studie zugrundeliegenden Konzept des dynamischen Transfers entspricht. Die Transferaufgabe ist demnach bewusst so gestaltet, dass mehrere Lösungswege offenstehen, schrittweise Hilfestellungen (*Scaffolds*) angeboten werden und auch Teilkonzepte aus dem Bereich des Energiekonzepts (beispielsweise verschiedene Energieformen aus der Mechanik) übertragen werden können. Der Kontext der Aufgabe ist nah an der Lebenswelt der Lernenden gehalten und beinhaltet einen Kletter- und Seilpark aus der Umgebung. Ein gezeichneter Übersichtsplan des Freizeitparks, welcher verschiedene Situationen zum Thema Energieformen und -umwandlungen zeigt, liegt der Aufgabenstellung bei. Geplant sind rund zehn „Think-Aloud“-Interviews in Form von unstrukturierten Protokollen (Konrad, 2010) mit simultanem Laut-Denken sowie unmittelbarer Retrospektion (Ericsson & Simon, 1993). Probandinnen und Probanden sollen zwischen 13 und 20 Jahren alt sein und das Thema „Energieformen und -umwandlung“ bereits im regulären Schulunterricht der Sekundarschule oder des Gymnasiums behandelt haben.

In der zweiten, quantitativen Teilstudie werden zu einem späteren Zeitpunkt Faktoren wie das initiale Lernen und der subjektiv eingeschätzte *Cognitive Load* auf den Einsatz von Transferstrategien untersucht. Dazu soll eine schriftliche Befragung mit einer Transferaufgabe und anschließendem Begleitfragebogen zur Verwendung von Transferstrategien vorgenommen werden, an dieser Stelle mit einer wesentlich größeren Stichprobe (N=300).

### **Relevanz und Ausblick**

Mit der Analyse der transkribierten „Think Aloud“-Interviews sollen in einem ersten Schritt die oben aufgelisteten, hypothetischen Transferstrategien verifiziert, ergänzt oder verworfen werden. Weiter wird die Wechselwirkung zwischen dem Einsatz der Strategien und den Kontextmerkmalen der Aufgabe sowie den zur Verfügung stehenden Hilfestellungen betrachtet. Es wird erwartet, dass Hilfestellungen wie physikalische Merksätze oder auf der Karte eingezeichnete Hinweise die Nutzung von Transferstrategien erhöhen oder spezifische Strategien begünstigen. In der anschließenden quantitativen Teilstudie wird zudem der vorangegangene Unterricht miteinbezogen und Effekte von Unterrichtsmerkmalen wie dem kontextorientierten Lernen, des Fachwissens sowie des subjektiv wahrgenommenen *Cognitive Loads* auf die Häufigkeit des Einsatzes von Transferstrategien untersucht.

## Literatur

- Barnett, S. M. & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological bulletin* 128 (4), 612–637
- Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn. Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, D. C.: National Academy Press
- Chi, M. T. H. & VanLehn, K. A. (2012). Seeing Deep Structure From the Interactions of Surface Features. *Educational Psychologist*, 47 (3), 177–188
- Day, S. B. & Goldstone, R. L. (2012). The Import of Knowledge Export. *Connecting Findings and Theories of Transfer of Learning. Educational Psychologist*, 47 (3), 153–176
- diSessa, A. A. & Wagner, J. F. (2005). What coordination has to say about transfer. Chapter 4. In: Jose P. Mestre (Hg.): *Transfer of learning. From a modern multidisciplinary perspective*. Greenwich: Information Age Publishing, 121–154
- Dufresne, R. J., Mestre, J. P., Thaden-Koch, T., Gerace, W. & Leonard, W. (2005). Knowledge representation and coordination in the transfer process. Chapter 5. In: Jose P. Mestre (Hg.): *Transfer of learning. From a modern multidisciplinary perspective*. Greenwich: Information Age Publishing, 155–215
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1993). *Protocol Analysis. Verbal Reports as Data*. Revised Edition. Cambridge, Massachusetts: MIT Press
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology* (15), 1–38
- Haskell, R. E. (2001). *Transfer of Learning. Cognition, Instruction, and Reasoning*. San Diego, London: Academic Press
- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In: G. Mey und K. Mruck (Hg.): *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag, S. 476–490
- Lobato, J. (2003). How Design Experiments Can Inform a Rethinking of Transfer and Vice Versa. *Educational Researcher* 32 (1), 17–20
- Lobato, J. (2006). Alternative Perspectives on the Transfer of Learning: History, Issues, and Challenges for Future Research. *Journal of the Learning Sciences* 15 (4), 431–449
- Martin, L. & Schwartz, D. L. (2013). Conceptual innovation and transfer. *International handbook of research on conceptual change*, 447–465
- Mestre, J. P. (Hg.) (2005): *Transfer of learning. From a modern multidisciplinary perspective*. Greenwich: Information Age Publishing
- Rebello, N. S., Zollmann, D. A., Allbaugh, A. R., Engelhardt, P. V., Gray, K. E., Hrepic, Z. & Itza-Ortiz, S. F. (2005). Dynamic Transfer. A Perspective from Physics Education Research. Chapter 6. In: J. P. Mestre (Hg.): *Transfer of learning. From a modern multidisciplinary perspective*. Greenwich: Information Age Publishing
- Royer, J. M., Mestre, J. P. & Dufresne, R. J. (2005). Framing The Transfer Problem. Introduction. In: J. P. Mestre (Hg.): *Transfer of learning. From a modern multidisciplinary perspective*. Greenwich: Information Age Publishing, vii–xxvi
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken - die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In: D. Krüger, I. Parchmann und H. Schecker (Hg.): *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 179–188
- Thorndike, E. L. & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions: II. The estimation of magnitudes. *Psychological Review*, 8, 384–395

## Enkodierung chemischer Konzepte aus lebensweltlichen Kontexten

### Motivation des Projektes

Kontextorientierte Lernumgebungen werden charakterisiert über die Nutzung außerfachlicher Situationen als Ausgangspunkt für den Lernprozess chemischer Inhalte (u.a. King, 2016). Fachliche Inhalte werden demnach situiert in einem bestimmten Kontext erworben. Studien zeigen insbesondere im Bereich der Naturwissenschaften Schwächen der Lernenden bei der Übertragung situiert erworbener fachlicher Inhalte auf bislang unbekannte Kontexte auf (Bulte et al., 2005). Laut Renkl (1996) kann eine mangelnde Fähigkeit der Übertragung durch das Phänomen des trägen Wissens erklärt werden. Aus lerntheoretischer Perspektive herrscht jedoch keine Einigkeit darüber, ob und - wenn ja - wie der Transfer von situiert erworbenem Wissen möglich sei. Strenge Ansätze vertreten die Ansicht, dass Transfer durch die prinzipielle Kontextgebundenheit kaum möglich sei (u.a. Lave, 1988). Demgegenüber postulieren Vertreter\*innen der gemäßigten Ansätze, dass der Transfererfolg von der Gestaltung und den Instruktionen in der Lern- sowie Transferumgebung abhängig sei (u.a. Anderson, Reder & Simon, 1996).

### Theoretischer Rahmen

Transfer findet statt, „wenn etwas, das in einem Zusammenhang [Kontext] gelernt wurde, auf einen anderen Zusammenhang [Kontext] übertragen wird“ (Mandl, Prenzel & Gräsel, 1992, S. 127). Alexander und Murphy (1999) weisen darauf hin, dass die Transferleistung und die Fähigkeit analoge Schlüsse zu ziehen zusammenhängende Prozesse darstellen. Weisen unterschiedliche Problemsituationen ähnliche relationale Strukturen auf, wird von analogen Grundstrukturen gesprochen (Klauer, 2011), die in Quell- und spätere Zieldomänen differenziert werden (Gentner & Smith, 2012). Im Allgemeinen wird die Verwendung von Strukturen aus einer bekannten Domäne (Quelle) zur Lösung eines Problems in einer unbekannten Domäne (Ziel) als analoger Transfer bezeichnet. In Bezug auf die Betrachtung kontextorientierter Lernumgebungen werden die Domänen als Quell- und Zielkontext beschrieben. In Abbildung 1 ist der Analogietransferprozess angelehnt an Holyoak (2005) beschrieben. Der Prozess lässt sich in vier Phasen unterteilen: (1) *Retrieval*, (2) *Mapping*, (3) *Transfer* und (4) *Learning*. Die vorliegende Studie fokussiert die erste und zweite Phase des Analogietransferprozesses. Die anschließenden Phasen werden an dieser Stelle nicht weiter erläutert. In der ersten Phase wird das vorhandene Wissen aus einem Quellkontext durch einen unbekannten Kontext (Ziel) aktiviert. Das anschließende *Mapping* stellt, nach Gentner und Smith (2012), den Hauptprozess des analogen Transfers dar. In dieser Phase kann der Lernende eine Lösung für die Aufgabe in der Zieldomäne und damit für einen erfolgreichen Transferprozess, generieren. Die Entscheidung, ob zwei Domänen analog sind, basiert darauf, ob Gemeinsamkeiten zwischen ihnen identifiziert werden können. Die Gemeinsamkeiten werden im Folgenden als Ähnlichkeitsbeziehungen im Sinne analoger Relationen definiert. In Bezug auf Curtis und Reigeluth (1984) lassen sich verschiedene Arten von

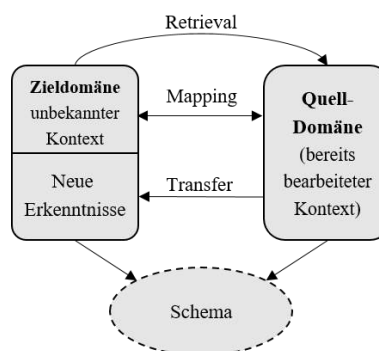


Abb. 1 Analogietransferprozess  
(basierend auf Holyoak, 2005)



Ähnlichkeitsbeziehungen differenzieren. ‚Einfache‘ Ähnlichkeitsbeziehungen basieren hauptsächlich auf oberflächlichen Ähnlichkeiten und sind als interpretativ und unspezifisch zu bezeichnen, während ‚erklärende‘ Ähnlichkeitsbeziehungen über die oberflächliche Zuordnung korrespondierender Elemente hinaus gehen und strukturelle Relationen fokussieren (Curtis & Reigeluth, 1984; Harrison & Treagust, 2006). Die Ähnlichkeitsbeziehungen (analoge Relationen) werden in der vorliegenden Studie nicht losgelöst von den Inhalten der jeweiligen Domänen, sondern in einem Problemkontext betrachtet. Dabei wird der Quellkontext als ein bereits bearbeitetes Problem repräsentiert und der Transferkontext als zu lösender Problemkontext (Gick & Holyoak, 1980; Minervino, Olguín & Trench, 2017; vgl. Abb.1). Der aktuelle Forschungsstand zeigt, dass es Lernenden nur selten gelingt, ohne eine Instruktion auf einen Quellkontext zurückzugreifen (Kubricht, Lu & Holyoak, 2017; Novick & Holyoak, 1991). Eine Möglichkeit der Instruktion besteht darin, das Wissen aus dem Quellkontext zu enkodieren, bevor es auf einen Zielkontext übertragen werden soll (Minervino et al., 2017). Unter Enkodierung wird der Prozess der Herauslösung des Wissens aus den Quellkontexten verstanden. In kontextorientierten Lernumgebungen wird dieser Prozess auch als Dekontextualisierung bezeichnet (Parchmann et al., 2006). Die Literatur zeigt verschiedene Strategien zur Enkodierung auf, die allesamt das Ziel verfolgen, gemeinsame Merkmale (*retrieval cues*) zwischen dem Quell- und Transferkontext hervorzuheben. Dies kann durch einen expliziten Hinweis auf Gemeinsamkeiten zwischen den Kontexten oder implizit mitunter durch die Nutzung analoger Situationen sowie der Instruktion zum Vergleich instruiert werden (Fortus, Krajcik & Dershimer, 2005). Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Einfluss unterschiedlicher Arten der Enkodierung (implizit vs. explizit instruiert) in Bezug auf die Identifikation von Ähnlichkeitsbeziehungen und folgernd dem Transfererfolg der Lernenden in kontextorientierten Lernumgebungen.

### **Zielstellung**

Ziel der Studie ist die Analyse von Ähnlichkeitsbeziehungen, die Lernende zwischen den Quellkontexten und dem Zielkontext beim Wissenstransfer herstellen. Hierzu wurde auf Prozessdaten von Lernenden beim aktiven Generieren von Ähnlichkeitsbeziehungen zurückgegriffen, die im Rahmen eines Promotionsprojektes erhoben wurden (Kehne & Fechner, 2018). Die Kontexte sind den Fachinhaltsbereichen ‚Säuren und Basen‘ und ‚Redoxreaktionen‘ zuzuordnen.

### **Stichprobe**

Insgesamt stehen 53 Aufnahmen von Paaren bei der Bearbeitung der Aufgabe (Transferkontext) zur Verfügung. Davon sind 19 Video- und 34 Audioaufnahmen. Aufgrund ungerader Schüleranzahlen gibt es drei Dreiergruppen. Insgesamt ergibt sich eine Stichprobe von  $N = 109$  Lernenden. Der Fokus der Analyse der Prozessdaten liegt auf den Kommunikationsinhalten der Lernenden. Die Prozessdaten der Lernenden wurden daher nicht individuell, sondern paarweise ausgewertet.

### **Entwicklung des Kodiermanuals**

Die Entwicklung des Kodiervorgangs basiert auf dem Kodier-Analyse Kreislauf nach Jacobs, Kawanaka und Stigler (1999). In einem ersten Schritt wurden a-priori Kategorien basierend auf theoretischen Annahmen entwickelt. Diese Kategorien dienen einer ersten Strukturierung der Daten. In Bezug auf Curtis und Reigeluth (1984) werden die Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen Quelle und Ziel differenziert in den Subkategorien ‚einfache‘ und ‚angereicherte‘ Ähnlichkeitsbeziehung betrachtet. ‚Einfache‘ Ähnlichkeitsbeziehung wird zugewiesen, wenn ein Lernender einen allgemeinen Bezug zu einem Quellkontext der Intervention herstellt. Dieser Prozess kann mit der ersten Phase des analogen Transfers (Retrieval) in Beziehung gesetzt werden (Abb. 1). Der Lernende ruft einen zuvor gelösten Quell-

kontext aus dem Gedächtnis ab und identifiziert ihn als analog zum Transferkontext. Der Abruf im Gedächtnis basiert überwiegend auf oberflächlichen Strukturen. Die Aussagen der Lernenden weisen keine weitere Spezifizierung oder Argumentation über die analogen Relationen auf. ‚Angereicherte‘ Ähnlichkeitsbeziehungen repräsentieren die *Mapping*-Phase des analogen Transfers. Die Lernenden stellen Verbindungen korrespondierender Elemente zwischen den Kontexten (Quelle - Transfer) her.

### Datenanalyse

Die Analyse der Daten erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurden Häufigkeitsanalysen der einzelnen Kategorien berechnet. Durch den zyklischen Prozess der Datenanalyse wurde deutlich, dass die Kategorie ‚Ähnlichkeitsbeziehungen‘, neben der Differenzierung in die dargestellten Subkategorien, noch spezifischer beschrieben werden kann. Folgernd wurde, in einem zweiten Schritt, eine qualitative zusammenfassende Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) der kodierten Aussagen durchgeführt.

### Ergebnisse

Die Analyse zeigt, dass mehr als die Hälfte (56,6%) der Lernenden mindestens eine einfache Ähnlichkeitsbeziehung zwischen den Kontexten (Quelle -Transfer) herstellen konnte. Knapp 23 Prozent aller Lernenden konnten zudem mindestens eine angereicherte Ähnlichkeitsbeziehung (*Mapping*) zwischen dem Transferkontext und einem bekannten Quellkontext herstellen. Durch die zusammenfassende Inhaltsanalyse konnten Qualitätsstufen der Ähnlichkeitsbeziehungen identifiziert werden. Hierbei ist eine Verlagerung von einer phänomenologischen hin zu einer modellhaften, auf die Teilchenebene bezogene, Erklärung bzw. Argumentationsstrategie der Lernenden erkennbar (Tab. 1).

Tabelle 1. Ergebnisse der zusammenfassenden Inhaltsanalyse

| Kategorie | Beschreibung/ Definition                                                               |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| K1        | Vergleich der Kontexte ohne weitere Erläuterung                                        |
| K2        | Vergleich der Kontexte und Erläuterung durch Anwendung von Fachbegriffen               |
| K3        | Vergleich der Kontexte und Erläuterung der Funktionen des Donators und/ oder Akzeptors |
| K4        | Vergleich der Kontexte und Erläuterung mit Bezug zur Teilchenebene                     |

Der überwiegende Teil der Lernenden ist in der Lage, Verbindungen zwischen dem Quell- und Transferkontext auf Phänomenebene herzustellen (K1). Zusätzlich verwenden einige Lernende Fachbegriffe wie ‚Säure‘ oder ‚pH-Wert‘ in ihrer Kommunikation, erklären jedoch nicht deren Funktionen beziehungsweise chemischen Eigenschaften (z.B. Abgabe von Protonen beziehungsweise Anzeige einer sauren beziehungsweise basischen Lösung) (K2). Der geringste Anteil von Lernenden liefert Erläuterungen, die einen Bezug zur Teilchenebene aufweisen (K4).

### Interpretation

Der Rückgriff auf einen Quellkontext ist einfacher für die Lernenden, wenn dieser neben strukturellen Beziehungen auch in den oberflächlichen Merkmalen Übereinstimmungen aufweist (vgl. Catrambone, 1997; Gentner et al., 1993; Schmid et al., 2003). Durch das Lernen mit Hilfe multipler Kontexte werden den Lernenden mehr Abrufhinweise (*retrieval cues*) zur Verfügung gestellt, die den Rückgriff auf einen Quellkontext aus dem Gedächtnis erleichtern können (*summation of activation*). Ein erfolgreicher Rückgriff sowie das anschließende *Mapping* ist in Bezug auf die angestrebte Transferleistung von entscheidender Bedeutung.

## Literatur

- Alexander, P. A. & Murphy, P. K. (1999). Nurturing the seeds of transfer. A domain specific perspective. *International Journal of Educational Research*, 31 (7), 561–576.
- Anderson, J. R., Reder, L. M. & Simon, H. A. (1996). Situated learning and education. *Educational Researcher*, 25 (4), 5–11.
- Bulte, A. M. W., Klaassen, K., Westbroek, H. B., Stolk, M., Prins, G., Genseberger, R. et al. (2005). Modules for a new chemistry curriculum. Research on a meaningful relation between contexts and concepts. In P. Nentwig & D. Waddington (Hrsg.), *Making it relevant. Context based learning of science* (S. 273–299). Münster: Waxmann.
- Curtis, R. V. & Reigeluth, C. M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, 13 (2), 99–117.
- Fortus, D., Krajcik, J. & Dershimer, R. C. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27 (7), 855–879.
- Gentner, D. & Smith, L. (2012). Analogical reasoning. In V. S. Ramachandran (Hrsg.), *Encyclopedia of human behavior* (S. 130–136). London: Elsevier.
- Gick, M. L. & Holyoak, K. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12 (3), 306–355.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2006). Teaching and learning with analogies. Friend or Foe? In P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (Hrsg.), *Metaphor and analogy in science education* (S. 11–24). Dordrecht: Springer.
- Holyoak, K. J. (2005). Analogy. In K. J. Holyoak & J. E. Morrison (Hrsg.), *The cambridge handbook of thinking and reasoning* (S. 117–142). Cambridge: Cambridge University Press.
- Jacobs, J. K., Kawanaka, T. & Stigler, J. W. (1999). Integrating qualitative and quantitative approaches to the analysis of video data on classroom teaching. *International Journal of Educational Research*, 31 (8), 717–724.
- Kehne, F. & Fechner, S. (2018). Der Einfluss kontextualisierter Lernumgebungen auf die Transferfähigkeit. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017* (S. 285–288).
- King, D. (2016). Teaching and learning in context-based science classes. A dialectical sociocultural approach. In R. Taconis, P. den Brok & A. Pilot (Hrsg.), *Teachers creating context-based learning environments in science* (S. 71–88). Rotterdam: Sense Publishers.
- Klauer, K. J. (2011). *Transfer des Lernens. Warum wir oft mehr lernen als gelehrt wird*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Kubricht, J. R., Lu, H. & Holyoak, K. J. (2017). Individual differences in spontaneous analogical transfer. *Memory and Cognition*, 45 (4), 576–588.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice. Mind, mathematics, and culture in everyday life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mandl, H., Prenzel, M. & Gräsel, C. (1992). Das Problem des Lerntransfers in der betrieblichen Weiterbildung. *Unterrichtswissenschaft*, 7 (20), 126–143.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken* (11. Aufl.). Weinheim und Basel: Beltz.
- Minervino, R. A., Olguín, V. & Trench, M. (2017). Promoting interdomain analogical transfer. When creating a problem helps to solve a problem. *Memory and Cognition*, 45 (2), 221–232.
- Novick, L. R. & Holyoak, K. J. (1991). Mathematical problem solving by analogy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17 (3), 398–415.
- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R. & Ralle, B. (2006). "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28 (9), 1041–1062.
- Raviolo, A. & Garritz, A. (2009). Analogies in the teaching of chemical equilibrium: a synthesis/analysis of the literature. *Chemistry Education Research and Practice*, 10 (1), 5–13.
- Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, 47 (2), 78–92.

Svenja Rautenberg  
Heiko Krabbe  
Rainer Wackermann

Ruhr-Universität Bochum

### **Prototypische Aufgaben zum vertikalen und horizontalen Lernen mit dem Lichtwegekonzept in der Optik**

Vernetzung und Transfer machen Wissen flexibel nutzbar und sind Voraussetzung für das Weiterlernen in einem Inhaltsgebiet (vertikaler Lerntransfer) und die Anwendung des Gelernten in unterschiedlichen Situationen (horizontaler Lerntransfer) (Ausubel & Robinson, 1969; Gagné, 1975; Weinert, 1998; Klauer, 2011). Schülerinnen und Schüler müssen neu erlerntes Wissen in möglichst vielen und sehr unterschiedlichen Kontexten anwenden (Gagné, 1975). Unterrichtsanalysen zeigen jedoch, dass Transfer und Vernetzungsphasen eher selten im Physikunterricht vorkommen (z.B. Wackermann, Trendel & Fischer, 2010; Krabbe, Zander & Fischer, 2015). Neu erlerntes Wissen wird häufig jedoch nur auf Beispiele mit eingeschränkter Reichweite angewendet (Perkins & Salomon, 1992). Ein Problem dabei ist, die erforderlichen Transferleistungen von Lernenden richtig einzuschätzen. Die Entfernung des Kontextes der Transferaufgabe zum Kontext der ursprünglichen Lernaufgabe wird als Transferdistanz bezeichnet, allerdings wird diese nicht detaillierter als „nah“ und „weit“ operationalisiert (vgl. Gagné, 1975; Perkins & Salomon, 1992). Auch in Hinblick auf vertikalen Transfers mangelt es neben Gagnés Theorie an allgemeingültigen Kriterien zur Einschätzung der Transferleistung. Es ist somit zwingend notwendig Kriterien zu entwickeln, mit denen sich die Transferleistung vertikal und horizontal einschätzen lässt. Für die Einbindung des Transfers in den Unterricht bedarf es eines Aufgabenentwicklungsmodells, welches den vertikalen und horizontalen Transfer so operationalisiert, dass passgenaue Aufgaben konstruiert werden können, mit welchen die Vernetzungs- bzw. Transferleistung der Schüler gesteuert und der Erfolg dieser Phasen im Unterricht gemessen werden kann.

Zwar existieren einige Ansätze zur Modellierung der vertikalen Vernetzung in der Physik und damit zum kumulativen Lernen (Weber, 2003; Neumann, Fischer & Sumfleth, 2008), jedoch fehlen vergleichbare Modelle zum horizontalen Transfer. Im deutschsprachigen Raum werden die beiden Begriffe Vernetzung und Transfer nicht klar voneinander abgegrenzt. Es ist oft nicht eindeutig, wann es sich um Transfer handelt und wann um Vernetzung. Um diese Problematik zu umgehen, werden hier beide Begriffe nicht differenziert, sondern unter dem Begriff „Lernen“ vereint. Es wird folglich zwischen vertikalen und horizontalen Lernen unterschieden (Ausubel & Robinson, 1969; Gagné, 1975; Weinert, 1998).

Vertikales Lernen meint einen aufbauenden Erwerb neuer Fähigkeiten durch die Verknüpfung bereits erworbener Fähigkeiten auf einem höheren Komplexitätsniveau. Gagné (1975) beschreibt dies als eine hierarchische Abfolge von Lerntypen, z. B. Begriffe, Regeln, Regeln höherer Ordnung und Problemlösen, die sukzessive durchlaufen werden müssen. Unterricht, der vertikales Lernen fördert, muss sich an den progressiven Komplexitätsniveaus in der Lernhierarchie orientieren und kumulativ gestaltet sein.

Horizontales Lernen meint indes das Transferieren des erlernten Wissens in andere Kontexte auf demselben Komplexitätsniveau. Man unterscheidet hier nahes und weites horizontales Lernen (Gagné, 1975; Perkins & Salomon, 1992). Das nahe horizontale Lernen sorgt hierbei für eine Steigerung der Performanz, so dass das „Anwenden des Erlernten“ zu einem reflexartigen bzw. spontanen Vorgang wird (Perkins & Salomon, 1992). Weites horizontales Lernen dient hingegen der Erkennung von abstrakten Prinzipien, Kernideen oder Prozeduren, die in vielen Situationen anwendbar sind und in vielseitig anwendbaren Lehr-Lernumgebungen erworben werden (Perkins & Salomon, 1992). Gemäß Klauer (2011) muss

zudem die Aufgabenstruktur (Grundstruktur) stets erhalten bleiben, wenn der Kontext variiert werden soll.

### Aufgabenentwicklungsmodell

Mithilfe der in der Theorie erarbeiteten Kriterien zum vertikalen und horizontalen Lernen wurde das, in Abb. 1 vorliegende, Aufgabenentwicklungsmodell erstellt.

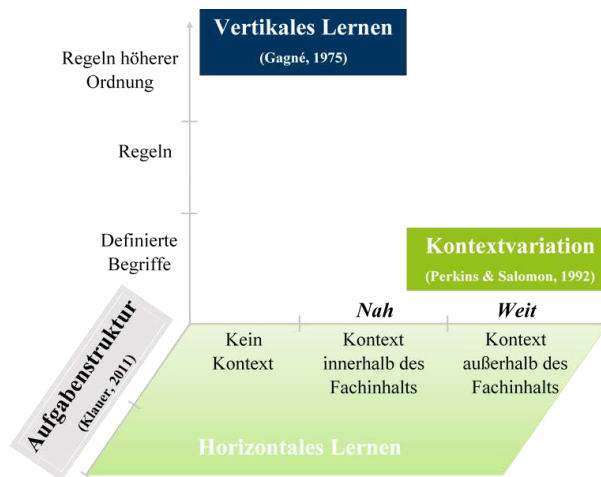


Abb. 1: Aufgabenentwicklungsmodell zum vertikalen & horizontalen Lernen

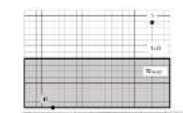
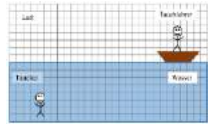
Die Achse zum vertikalen Lernen orientiert sich hierbei an Gagnés (1969) Lernhierarchien. Auf den Lerntyp „Problemlösen“ als oberste Stufe der vertikalen Achse wurde verzichtet, da jede neuartige Aufgabe auf jeder vertikalen Stufe ein zu lösendes Problem sein kann. Jede höhere Stufe beinhaltet kumulativ die darunterliegenden Stufen und führt sie durch ein allgemeineres Prinzip zusammen.

Das horizontale Lernen wird durch zwei Achsen operationalisiert: eine Achse zur Kontextvariation und eine Achse zur Aufgabenstruktur. Der explizite Fokus auf die Aufgabenstruktur ist notwendig, um der Forderung nach Strukturgleichheit bei der Variation des Kontexts (Klauer, 2011) gerecht zu werden. Zugleich nimmt diese Achse die Möglichkeit der Aufgabenvariation auf demselben Komplexitätsniveau und im gleichen Kontext (z. B. als Umkehraufgabe) in den Blick. Auf der Achse „Kontextvariation“ stellen die Aufgaben ohne Kontext den abstrakten und rein fachlichen Kern dar. Darüber hinaus wird zwischen nahem und weiten horizontalen Lernen unterschieden. Dies soll mit Perkins und Salomons (1992) Unterscheidung „low road“ und „high road“ Transfer einhergehen. Realisiert wird dies in diesem Modell zum einen durch eingekleidete Aufgaben, bei denen der Kontext nicht relevant zum Lösen der Aufgabe ist und die dadurch den Aufgaben ohne Kontext in der Struktur gleichen („Kontext innerhalb des Fachinhalts“). Zum anderen wird dies durch strukturgleiche Aufgaben mit anderem physikalischen Kontext, einem Kontext aus einem anderen naturwissenschaftlichen Fach oder einem Kontext außerhalb der Physik bzw. den Naturwissenschaften („Kontext außerhalb des Fachinhalts“) realisiert.

### Prototypische Aufgaben zum Lichtwegekonzept

Mithilfe dieses Modells wurden exemplarisch Aufgaben zum vertikalen und zum horizontalen Lernen in der Optik konstruiert. Als Grundlage diente das Lichtwegekonzept von Erb und Schön (Erb 1992, 1994; Erb & Schön 1994, 1996; Schön 1993, 1994), welchem bereits die Idee des kumulativen, vertikalen Lernens zugrunde liegt (Weber, 2003). Dabei ist das Fermat-Prinzip die kumulierende Leitidee der Unterrichtsreihe. Durch diese Spezifizierung gliedert

sich die vertikale Achse in die beiden Regeln „Lichtwege sind kürzeste Wege“ und „Lichtwege sind schnellste Wege“. Der Fachinhalt liegt im Bereich der Optik (Reflexion, Brechung) mit entsprechenden Kontextvariation. In Tab. 1 sind Aufgabenbeispiele mit gleicher Aufgabenstruktur zu beiden vertikalen Stufen und allen drei Formen der Kontextvariation angegeben.

|                                |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lichtwege sind schnellste Wege |  <p>Bestimme näherungsweise den schnellsten der denkbaren Lichtwege zwischen Punkt A und B und zeichne diesen ein.</p>          |  <p>Der Tauchlehrer muss seinen Schüler stets im Auge behalten. Bestimme wo der Tauchlehrer in etwa hinschauen muss, damit er den Taucher unter Wasser sehen kann. Zeichne den gesamten Lichtweg ein.</p>                                                           | <p>Der Rettungsschwimmer befindet gerade weiter abseits vom Schwimmbecken, als er sieht, wie jemand im Nichtschwimmerbecken ertrinkt und will diesen Mann retten. Bestimme näherungsweise den für den Rettungsschwimmer schnellstmöglichen Weg zu dem ertrinkenden Mann.</p>                                                                                                                                                                                           |
| Lichtwege sind kürzeste Wege   |  <p>Bestimme näherungsweise zwischen A und B den kürzesten der denkbaren Lichtwege über den Spiegel und zeichne diesen ein.</p> |  <p>Trudi ist auf einer Tanzveranstaltung und sucht ihren Partner Hans. Da der Raum sehr voll ist, versucht sie es über den großen Spiegel. Bestimme wo Trudi in etwa hinschauen muss, damit sie Hans im Spiegel sehen kann. Zeichne den gesamten Lichtweg ein.</p> | <p>Ein Löschfahrzeug samt Einsatztrupp ist auf dem Weg zu ihrer Einsatzstelle. Als erstes muss der Trupp jedoch zu seinem Einsatzleiter, welcher sich an der Abspergrenze aufhält. Bestimme, wo sich der Einsatzleiter an der Abspergrenze in etwa positionieren muss, damit der Einsatztrupp den kürzt möglichen Weg vom Löschfahrzeug über ihn zur Einsatzstelle zurücklegt. Die Einsatzstelle befindet sich dabei auf der gleichen Höhe, wie das Löschfahrzeug.</p> |
| Ohne Kontext                   | Kontext innerhalb der Optik                                                                                                                                                                                      | Kontext außerhalb der Optik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Tab. 1: Prototypische Aufgaben zum Lichtwegekonzept (Aufgabenstruktur I)

In allen Aufgaben liegt die Position des zu beobachtenden Objekts fest und der Lichtweg über die reflektierende bzw. brechende Ebene ist zu konstruieren. Eine zweite mögliche Aufgabenstruktur besteht darin, dass die Blickrichtung auf den Spiegel bzw. auf das Medium gegeben ist und die Position des beobachteten Objekts konstruiert werden muss.

### Diskussion und Ausblick

Insgesamt wurden 56 Aufgaben zu diesem Modell konstruiert. Diese sind unterteilt in vier Aufgaben ohne Kontext (zwei vertikale Niveaus gekreuzt mit zwei Aufgabenstrukturen), 48 Aufgaben zu 12 Kontexten innerhalb der Optik und weitere vier Aufgaben mit Kontext außerhalb der Optik. Mit diesen Aufgaben kann das Modell nun empirisch untersucht werden. Zunächst müssen die angenommenen Hierarchien des vertikalen und horizontalen Lernens überprüft werden. Anschließend können Einflussfaktoren auf die Kontextdistanz unter Berücksichtigung der Aufgabenstruktur empirisch bestimmt werden. Langfristig sollen so Anhaltspunkte für die Gestaltung von Vernetzungs- bzw. Transferphasen im Unterricht gewonnen werden.

### Literatur

- Ausubel, D.P., Robinson, F.G. (1969). *School Learning. An Introduction to Educational Psychology*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Erb, R. (1992). Geometrische Optik mit dem Fermat-Prinzip. *Physik in der Schule*, 30(9), 291-295.
- Erb, R. (1994). *Optik mit Lichtwegen*. Magdeburg: Westarp Wissenschaften Verlag.
- Erb R., Schön, L. (1994). Lichtwege – zentrales Element unseres Optik-Lehrganges. In *Zur Didaktik der Physik und Chemie* (Bd. 14, S. 244-246). Alsbach: Leuchtturm Verlag.
- Erb, R., Schön L. (1996). Vom Sehen zur Optik – Ein Curriculum für die Mittelstufe. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik*, 45(8), 31-36.
- Gagné, R.M. (1975). *Die Bedingungen des menschlichen Lernens*. Hannover: Hermann Schroedel Verlag. 4. Auflage.
- Klauer, K.J. (2011). *Transfer des Lernens. Warum wir oft mehr lernen als gelehrt wird*. Stuttgart: W. Kohlhammer Verlag.
- Krabbe, H., Zander, S., Fischer, H.E. (2015). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht: Materialien zur Lehrerfortbildung*. Münster: Waxmann Verlag.
- Lersch, R. (2010). *Wie unterrichtet man Kompetenzen? Didaktik und Praxis kompetenzfördernden Unterrichts*. Wiesbaden: Hessisches Kultusministerium – Institut für Qualitätsentwicklung.
- Neumann, K., Fischer, H.E., Sumfleth, E. (2008). Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht. In Lankes, E.-M. (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung*. (S. 141-152). Münster: Waxmann Verlag.
- Perkins, D.N., Salomon, G. (1992). Transfer of Learning. In *International Encyclopedia of Education* (Vol. 2, S. 2-13). Oxford: Pergamon Press.
- Schön, L. (1993). Vom Sehen zur Optik. Ein Curriculum für die Mittel- und Oberstufe. In *Zur Didaktik der Physik und Chemie* (Bd. 13, S. 271-273). Alsbach: Leuchtturm Verlag.
- Schön, L. (1994). Ein Blick in den Spiegel. Von der Wahrnehmung zur Physik. *Physik in der Schule*, 32(1), 2-5
- Wackermann, R., Trendel, G., Fischer, H.E. (2010). Evaluation of a Theory of Instructional Sequences for Physics Instruction. *International Journal of Science Education*, 32 (7), 963 – 985.
- Weber, T. (2003). *Kumulatives Lernen im Physikunterricht. Eine vergleichende Untersuchung in Unterrichtsgängen zur geometrischen Optik*. Berlin: Logos Verlag.
- Weinert, F. E. (1998). Neue Unterrichtskonzepte zwischen gesellschaftlichen Notwendigkeiten, pädagogischen Visionen und psychologischen Möglichkeiten. In Bayerisches Staatsministerium (Hrsg.), *Wissen und Werte für die Welt von morgen. Dokumentation zum Bildungskongress des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst* (S. 101-125). München.

Antoinette Meiners<sup>1</sup>  
 Brigitte Jostes<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Potsdam

## Instrumente zur Entwicklung sprachbildender Lernaufgaben

### Einführung

Zusammen mit dem zunehmenden Bewusstsein von der Heterogenität an deutschen Schulen rückt das Thema Sprachbildung im Fach immer mehr in den Vordergrund. Da der sichere Umgang mit der deutschen Sprache eng mit dem Schulerfolg verknüpft ist, gehört die Gestaltung eines sprachsensiblen Unterrichts zum professionellen Handeln der Lehrkräfte (Beese & Benholz, 2013). Auch wenn Physikunterricht per se kein Sprachunterricht ist, ist Sprache dennoch der Schlüssel zum erfolgreichen Lernen von physikalischen Begriffen und Konzepten (Härtig & Kohnen, 2017). Mittels Sprache wird Wissen kommuniziert und zugleich generiert (Beese & Roll, 2013; Boubakri, Beese, Krabbe, Fischer & Roll, 2017). Neben der korrekten Verwendung der Fachsprache im Unterricht werden auch weitere sprachbezogene Fähigkeiten seitens der SuS vorausgesetzt, ohne dass diese Kompetenzen immer adäquat gefördert werden (Riebling, 2013; Rincke 2007; Schmölzer-Eibinger, 2013). Um jedoch die Vorstellungen über die Natur der Dinge verbalisieren zu können und den gestellten Anforderungen gerecht zu werden, sind domänenspezifisches syntaktisches und semantisches Wissen sowie generell bildungssprachliche Kompetenzen erforderlich (Schroeter-Brauss, Wecker & Henrici, 2018). Aus diesem Grund sollten nach Becker-Mrotzek, Schramm, Thürmann und Vollmer (2013) Fachvermittlung und Sprachvermittlung in allen Fächern stets verknüpft werden. Einer vom Mercator Institut durchgeführte Lehrerbefragung zufolge fühlt sich jedoch nur ein Drittel der Befragten durch die Lehrerbildung für den sprachbildenden Unterricht vorbereitet. (Becker-Mrotzek, Hentschel, Hippmann & Linnemann, 2012). Verpflichtende Seminare zum Thema Sprachbildung/DaZ sind noch immer nicht in allen Bundesländern vorhanden (Baumann & Becker-Mrotzek, 2014). In diesem Kontext hat sich das Berliner Projekt *Sprachen – Bilden – Chancen* das Ziel gesetzt, die Ausbildung von Lehrkräften im Bereich Sprachbildung/DaZ weiterzuentwickeln. Unter anderem wurde in diesem Projekt das „Instrument zur sprachbildenden Analyse von Aufgaben im Fach (isaf)“ entwickelt (Caspari, Andreas, Schallenberg, Shure & Sieberkrob 2017), welches zusammen mit weiteren Produkten (wie Methodensammlung, Methodenblättern, exemplarischen sprachbildenden Lernaufgaben) auf der Homepage des Projekts bereit steht ([www.sprachen-bilden-chancen.de](http://www.sprachen-bilden-chancen.de)). Isaf lenkt den Analyseblick insbesondere auf Merkmale der zu rezipierenden und zu produzierenden Textsorten, damit angehende Lehrkräfte hieran anknüpfend textsortenbasierte Unterstützungsangebote machen können (Beese & Roll, 2015). Isaf wurde an zwei Berliner Universitäten in DaZ-/Sprachbildungsmodulen und in der fachdidaktischen Lehre vor dem Hintergrund des Praxissemesters erprobt und entsprechend weiterentwickelt (Schallenberg & Caspari, 2017). Eine an das Fach und an die Studienordnung anderer Bundesländer angepasste Weiterentwicklung von isaf ist vom Projekt erwünscht (ebd.). Dies hat sich die Didaktik der Physik der Universität Potsdam zur Aufgabe gemacht: Mittels dieses Instruments wurde eine Aufgabe sprachbildend analysiert und überarbeitet. Ziel dieses



kleinen Entwicklungsprojekts war, das Instrument für die Physiklehrkräftebildung didaktisch und fachlich anzupassen.

### **Erprobung und Ergebnisse**

Zur Erprobung des Instruments wurde im Rahmen des Entwicklungsprojekts eine Aufgabe nach den Kriterien von *Sprachen – Bilden – Chancen* (vgl. Sieberkorb & Caspari, 2017) zum Thema Reihenschaltung aus dem AOL-Verlag gewählt und in Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeiterinnen der Fachdidaktik Physik und der Sprachwissenschaft aus dem Bereich DaZ/DaF mittels isaf analysiert. Mit dem Ziel, das Instrument für die Lehrkräftebildung im Fach Physik anzupassen, wurden vor dem Prozess in Anlehnung an strukturierte „Laut-Denken-Protokolle“ (Konrad, 2010) zwei Aufforderungen formuliert: 1. Gibt es Unsicherheiten oder Verständnisschwierigkeiten im Bereich des sprachenbezogenen Wissens? 2. Passen die Kriterien zum Fach Physik? Begleitend zur Aufgabenanalyse wurden hierzu abschnittsweise Notizen gemacht, die jeweils retrospektiv mündlich ausführlich erläutert und dann verschriftlicht wurden. Dieser dokumentierte begleitende Reflexionsprozess stellt die Grundlage für die Anpassung des Instruments dar. Im Folgenden sollen die Erkenntnisse und die hieran anknüpfenden Anpassungsmaßnahmen der einzelnen Bereiche des Instruments erläutert werden:

#### *(A) Fachdidaktische Analyse*

Die fachdidaktische Analyse einer Aufgabe ist die Grundlage der sprachbildenden Analyse. Da isaf in seiner ursprünglichen Form fachunspezifisch entwickelt wurde, muss dieser Bereich den fachspezifischen Anforderungen an eine didaktische Analyse angepasst werden. Zur Analyse von Aufgaben haben Fischer und Draxler (2003) ein Kategoriensystem entwickelt, welches die Bereiche Inhalt, Lösungswege, Antwortformat, Kompetenzstufen, Anforderungsmerkmale und Unterrichtsphase berücksichtigt. Weiterhin sind gute Lernaufgaben im Fachunterricht möglichst in einen Kontext eingebettet und steuern den Lernprozess durch eine Folge von gestuften Aufgabenstellungen (Leisen, S. 87ff., 2010). Die fachdidaktische Analyse in isaf wurde um diese Bereiche in Form von Handlungsschritten erweitert. Entsprechend den Bildungsstandards und curricularen Vorgaben sollen Lernende durch das Forschen zu schülergerechten Problemstellungen selbst Erkenntnisse gewinnen und die Möglichkeit zur Evaluation ihrer Fortschritte erhalten (KMK, 2005). Geht also mit der zu analysierenden Aufgabe ein Experiment einher, so müssen die Aufgabenstellungen Handlungen verlangen, die eben diese Kompetenzen fördern. Dazu haben Frischknecht-Tobler und Labudde (2013) den sogenannten Experimentierzyklus entwickelt der ebenfalls in die angepasste Version von isaf integriert wurde.

#### *(B) Rezeption und (C) Produktion*

Mit dem Analysebereich B Rezeption werden die Texte, die die SuS in der Aufgabe bearbeiten müssen, auf ihre sprachlichen Besonderheiten untersucht. Der Bereich C Produktion deckt auf, welche sprachlichen Anforderungen mit dem verlangten Produkt an die Lernenden gestellt werden. Hiermit sollen sprachliche Aspekte identifiziert werden, die den SuS möglicherweise Schwierigkeiten bereiten könnten. Die einzelnen Handlungsschritte dieser Analysebereiche beinhalten begriffliche Stolpersteine wie „Textsorte“ oder „Textsortenmerkmale“. Hier zeigte die Erprobung die Gefahr, dass sich Lehrende und Studierende ausschließlich auf die schriftsprachliche Rezeption und Produktion konzentrieren. Denn Alltagssprachlich bezieht der Begriff „Text“ weder mündliche Sprachhandlungen noch andere semiotischen Systeme wie Tabellen, Symbole oder Formeln

ein. Aus diesem Grund wurde das Instrument erstens um angehängte Erläuterungen dieser Begriffe ergänzt und zweitens durch die Integration der Darstellungsformen nach Leisen (2010) an das Fach Physik angepasst. Anhand des Analyseteils C Produktion wurde die Verknüpfung zwischen fachlichem und sprachlichem Lernen besonders deutlich: So zeigte die Analyse, dass die ausgewählte Aufgabe kein klares Produkt verlangt und sprachliche Handlungen wie z.B. „Äußern“ und „Begründen“ nur implizit gefordert werden. Da das Instrument sprachstrukturelles Wissen verlangt, welches bei Lehrenden und Studierenden nicht grundsätzlich vorausgesetzt werden kann, wurde erstens die Spalte mit Beispiellantworten als Hilfestellung beibehalten und ergänzt und zweitens eine Liste mit Lektürehinweisen zu sprachstrukturellem Wissen für Lehrkräfte angehängt.

#### *(D) Analyse der Aufgabenstellung*

In diesem Schritt werden die Aufgabenstellungen auf Basis der Analyseergebnisse aus A, B und C analysiert. Hier zeigte sich, dass die Begriffe „Aufgabe“ und „Aufgabenstellung“ in isaf synonym verwendet wurden. Aus diesem Grund wird in der angepassten Version in diesem Abschnitt einheitlich der Begriff „Aufgabenstellung“ verwendet.

#### *(E) Sprachbildende Überarbeitung*

Dieser Teil der Analyse leitet dazu an, die Ergebnisse aus den ersten Analyseteilen mit hierauf bezogenen Unterstützungsangeboten zu verbinden. Da diese Aspekte schon teilweise in den vorigen Analyseteilen aufgegriffen werden und sich hieraus eine Redundanz ergibt, wurden diese Handlungsschritte zur sprachbildenden Überarbeitung jeweils an die Teile A, B, C und D angehängt, sodass (E) in der angepassten Version keinen eigenständigen Bereich mehr darstellt.

#### **Ausblick: Funktion von isaf in der Lehrkräftebildung**

Die Analyse von Aufgaben mittels isaf bietet die Möglichkeit, das Sprachbewusstsein von Studierenden zu schulen und die enge Verbindung zwischen fachlichem und sprachlichem Lernen an konkretem Material zu verdeutlichen. In Übereinstimmung mit Caspari (2017) kann dieses Instrument in Zusammenhang mit den weiteren Produkten des Projekts in der Lehrkräftebildung als Lernmaterial zu sprachbildender Analyse und Überarbeitung von Aufgaben dienen. Als problematisch erwies sich der Umfang des Instruments. Ohne obligatorische Lehrveranstaltungen zur Sprachbildung fehlt der Raum zur Implementierung von isaf. Da Sprachbildung als Querschnittsaufgabe alle Fächer und Schulformen betrifft, bietet sich der Einsatz des Instruments vor allem im Praxissemester an. In dieser Phase der Lehrkräftebildung sind die Studierenden in der Regel dazu befähigt, eine fachdidaktische Analyse (Bereich A in isaf) selbstständig vorzunehmen. Für die weiteren Handlungsschritte würde das Begleitseminar Raum für Diskussionen, Fragen oder Anregungen bieten. Da an vielen Universitäten keine obligatorischen DaZ/Sprachbildungsmodule vorhanden sind und das Praxissemester und die Fachdidaktiken dieses Defizit nicht allein auffangen können, könnte das Instrument exemplarisch in Teilen im Begleitseminar eingesetzt werden. Wünschenswert wäre eine begleitende Forschung zum Einsatz von isaf in der Physiklehrkräftebildung. Die „Adaption des „Instruments zur sprachbildenden Analyse von Aufgaben im Fach (isaf)“ für das Fach Physik“ steht auf dem Publikationsserver der Universität Potsdam zur Verfügung (Meiners & Jostes, 2018).

## Literatur

- Baumann, B. & Becker-Mrotzek, M. (2014). *Sprachförderung und Deutsch als Zweitsprache an deutschen Schulen. Was leistet die Lehrerbildung? Überblick, Analyse und Handlungsempfehlungen*. Köln: Mercator-Institut für Sprachförderung und Deutsch als Zweitsprache.
- Becker-Mrotzek, M., Hentschel, B., Hippmann, K., Linnemann, M. (2012): *Sprachförderung in deutschen Schulen – die Sicht der Lehrerinnen und Lehrer. Ergebnisse einer Umfrage unter Lehrerinnen und Lehrern*. Hg. v. Mercator-Institut für Sprachförderung und Deutsch als Zweitsprache. Köln
- Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E., & Vollmer, H. (2013). Sprache im Fach: Einleitung. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann, & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen*. Münster: Waxmann, S. 7-13.
- Beese, M. & Benholz, C. (2013). Sprachförderung im Fachunterricht - Voraussetzungen, Konzepte und empirische Befunde. In C. Röhrner, & B. Hövelbrinks (Hrsg.), *Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache - Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen*. Weinheim und Basel: Beltz Juventa, S. 37-57.
- Beese, M., & Roll, H. (2013). Gemeinsam Versuchsprotokolle schreiben - zur fächerübergreifenden Förderung literaler Routinen bei mehrsprachigen Schülern der Sek. I. In Y. Decker, & I. Oohme-Welke (Hrsg.), *Zweitsprache Deutsch: Beiträge zu durchgängiger sprachlichen Bildung*. Stuttgart: Filibach bei Klett, S. 213-229.
- Beese, M. & Roll, H. (2015). Textsorten im Fach - zur Förderung von Literalität im Sachfach in Schule und Lehrerbildung. In: C. Benholz, M. Frank & E. Gürsoy (Hrsg.), *Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern. Konzepte für Lehrerbildung und Unterricht. Beiträge zu Sprachbildung und Mehrsprachigkeit aus dem Modellprojekt ProDaZ*. Stuttgart: Filibach bei Klett, S. 51-72.
- Boubakri, C., Beese, M., Krabbe, H., Fischer, H. E., & Roll, H. (2017). Sprachsensibler Fachunterricht. In M. Becker-Mrotzek, & H.-J. Roth (Hrsg.), *Sprachliche Bildung - Grundlagen und Handlungsfelder*, Band 1. Münster, New York: Waxmann, S. 335-350.
- Caspari, D. (2017): Hinweise für die Konzeption, Weiterentwicklung und Verwendung der sprachbildenden Aufgaben in der Lehrkräftebildung. In: D. Caspari (Hrsg.), *Sprachbildung in den Fächern: Aufgabe(n) für die Fachdidaktik. Materialien für die Lehrkräftebildung*. Berlin, S. 33-39.
- Caspari, D., Andreas, T., Schallenberg, J., Shure, V., Sieberkrob, M. (2017): Instrument zur sprachbildenden Analyse von Aufgaben im Fach (ISAF). In: D. Caspari (Hrsg.), *Sprachbildung in den Fächern: Aufgabe(n) für die Fachdidaktik. Materialien für die Lehrkräftebildung*. Berlin, S. 40-46. (auch online unter [sprachen-bilden-chancen.de](http://sprachen-bilden-chancen.de)).
- Fischer, H. E., Draxler, D. (2003): Konstruktion und Bewertung von Physikaufgaben. In: E. Kircher & W. B. Schneider (Hrsg.): *Physikdidaktik in der Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch), S. 300-322.
- Frischknecht-Tobler, U. & Labudde, P. (2010). Beobachten und Experimentieren. In Labudde, P. (Hrsg.). (2010). *Fachdidaktik Naturwissenschaft 1.-9. Schuljahr*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag, S. 133-148.
- Härtig, H. & Kohnen, N. (2017). Die Rolle der Termini beim Lernen mit Physikschulbüchern. In: B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks & C. Schmellentin (Hrsg.), *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen*. Tübingen: Narr Francke Attempto, S. 55 – 72.
- Konrad, K. (2010): Lautes Denken. In G. Mey und K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 476-490.
- Leisen, J. (2010): *Handbuch Sprachförderung im Fach. Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis*. Bonn: Varus.
- Meiners, A., Jostes, B. (2018). *Adaption des „Instruments zur sprachbildenden Analyse von Aufgaben im Fach (ISAF)“ für das Fach Physik*. Potsdam: Universität Potsdam. <https://publishup.uni-potsdam.de/frontdoor/index/index/docId/41605>, zuletzt geprüft am 24.9.2018.
- Riebling, L. (2013). *Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Eine Studie im Kontext migrationsbedingter sprachlicher Heterogenität*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Rincke, K. (2007). *Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht. Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*. Berlin: Logos Verlag.
- Schallenberg, J., Caspari, D. (2017): ISAF – Instrument zur sprachbildenden Analyse von Aufgaben im Fach. In: D. Caspari (Hrsg.), *Sprachbildung in den Fächern: Aufgabe(n) für die Fachdidaktik. Materialien für die Lehrkräftebildung*. Berlin, S. 19-25.
- Schmölzer-Eibinger, S. (2013): Sprache als Medium des Lernens im Fach. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann, & H. J. Vollmer (Hrsg.): *Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen*. Münster: Waxmann, S. 25-40.
- Schroeter-Brauss, S., Wecker, V. & Henrici, L. (2018). *Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. Eine Einführung*. Stuttgart: UTB.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK). (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz - Bildungsstandards im Fach. Physik für den mittleren Bildungsabschluss* (Beschluss vom 16. Dezember 2004). München: Wolters Kluwer.
- Sieberkrob, M. & Caspari, D. (2017): Entwicklung sprachbildender Aufgaben in den Fächern. In: Daniela Caspari (Hrsg.), *Sprachbildung in den Fächern: Aufgabe(n) für die Fachdidaktik. Materialien für die Lehrkräftebildung*. Berlin, S. 7-16.

Benjamin Bollmann<sup>1</sup>  
 Theresa Goetz<sup>1</sup>  
 Anam Akram<sup>1</sup>  
 Malte Walkowiak<sup>1</sup>  
 Andreas Nehring<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Leibniz Universität Hannover

## **NuKomp: Kompetenzmodellbasierte Lernsequenzen der Erkenntnisgewinnung in chemischen Fachkontexten**

### **Einleitung und Zielstellungen**

Vor dem Hintergrund weitgehend fehlender systematischer Erkenntnisse über die langfristige Gestaltung und die Effekte kompetenzorientierter und kompetenzmodellbasierter Lernprozesse besteht das Ziel von „NuKomp“ in der *Nutzung* von *Kompetenzmodellen* zur Entwicklung und Überprüfung einer modellbasierten Lernsequenz zur Förderung von Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung. Das Projekt fußt auf dem sog. VerE-Kompetenzmodell der Erkenntnisgewinnung (Nehring et al., 2015; Nehring, Stiller, Nowak, Upmeyer zu Belzen, & Tiemann, 2016) und berücksichtigt insb. die darin definierten Arbeitsweisen „Beobachten, Vergleichen, Ordnen“, „Experimenten“ und „Modelle nutzen“.

### **Fragestellungen**

Folgende Fragestellungen werden dabei fokussiert:

- Inwiefern ist es möglich, eine Sequenz von Lerngelegenheiten zu entwickeln, die eine Entwicklung von prozessbezogenen Kompetenzen unter Berücksichtigung einer Progression von chemiespezifischen Denkmodellen ermöglicht?
- Inwiefern lässt sich ein Einfluss verschiedener chemiespezifischer Denkmodelle auf die Performanz und die Qualität der Performanz bei der Aufgabenbearbeitung beobachten?
- Inwiefern lassen sich Hinweise für eine Entwicklung von Kompetenzen bei der Bearbeitung der Lernsequenz, unter Berücksichtigung einer höheren Qualität der Performanz und einer fachlichen Progression chemiespezifischer Denkmodelle, beobachten?

### **Methodisches Vorgehen**

Die Entwicklung der Lernsequenz erfolgt auf Grundlage einer projektspezifischen Operationalisierung von Kompetenzentwicklung im Sinne einer zunehmenden Einhaltung von Kriterien für eine erfolgreiche Umsetzung von z. B. Experimenten (Grube, 2010; Scheuermann, 2017). Gleichzeitig wird Kompetenzentwicklung durch eine Verwendung von zunehmend elaborierten Denkmodellen beschrieben.

Zur theoriebasierten Beschreibung dieser Progression wird auf die „Levels“ der von Hadenfeldt (2013) vorgeschlagenen Progression des Verständnisses des Aufbaus der Materie zurückgegriffen. Aufgaben können anhand ihrer Instruktionen auf diesen Levels verortet werden, jedoch wird Level 2, als Level, das insbesondere Schülervorstellungen umfasst, nicht gezielt durch die Progression angesteuert (Abb. 1).

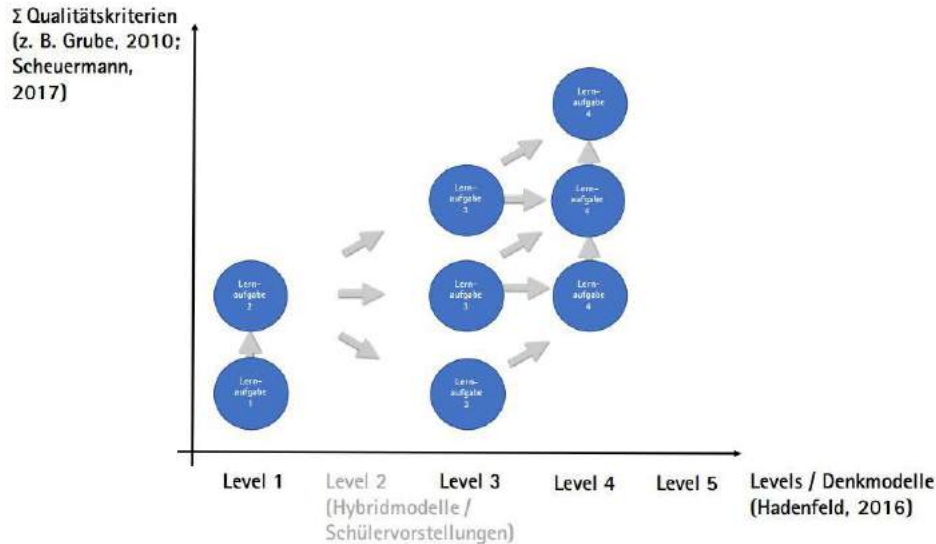


Abbildung 1: NuKomp-spezifische Beschreibung einer Kompetenzentwicklung.

Die Entwicklung von Kompetenzen über systematisch gekoppelte Lernaufgaben hinweg wird damit über eine zunehmende Einhaltung von Qualitätskriterien und Verwendung zunehmend komplexer Denkmodelle („Levels“) bei der Bearbeitung von Lernaufgaben beschrieben (Abbildung).

Die Aufgaben werden momentan in sog. teaching experiments erprobt und in einem weiteren Schritt im Klassenkontext eingesetzt (Komorek & Duit, 2004).

#### Aufgabenkonstruktion und prototypische Aufgaben

Die Aufgabenprototypen sind nach folgendem Schema aufgebaut: Ein Aufgabentext schildert ein chemiespezifisches Problem, aus dem eine Forschungsfrage abgeleitet wird. Die Problemschilderung kann auf Levels formuliert werden (hier z. B. Level 1: Phänomenebene und Level 4: differenziertes Teilchenmodell), ohne dass sich die Forschungsfrage ändert.

Die Lernenden formulieren anhand des Textes und der Forschungsfrage eine Hypothese, die sie experimentell überprüfen. Dabei werden sie von Teilaufgaben geleitet, die sie selbstständig, gemäß open guided inquiry, bearbeiten. Auch die Teilaufgaben sind levelunabhängig und für jeden Aufgabentyp gleichgestellt. Scaffolding, z. B. in Form von Hilfekarten, ermöglichen es Schülerinnen und Schülern, selbstständig im Prozess der Erkenntnisgewinnung tätig zu sein (Arnold, Kremer, & Mayer, 2017).

**Einfluss der Abkühlungsgeschwindigkeit auf das Wachstum von Kristallen – Level 1**

Anna und Lukas kennen Kristalle, zum Beispiel in Form von Schneeflocken. Kristalle könne aus Salzlösungen gezüchtet werden. Sie haben gehört, dass die Größe der Kristalle durch die Abkühlungstemperatur beeinflusst werden kann. Lukas und Anna wollen die Kristallzüchtung einer Kali-Alaun-Lösung weiter untersuchen.

**Einfluss der Abkühlungsgeschwindigkeit auf das Wachstum von Kristallen – Level 4**

Anna und Lukas kennen Kristalle, zum Beispiel in Form von Schneeflocken. Kristalle könne aus Salzlösungen gezüchtet werden. Aus dem Chemieunterricht wissen sie, dass Salzkristalle aus Gittern bestehen. In diesen Gittern sind Ionen, die positiv oder negativ geladen sein können, regelmäßig angeordnet. Anna und Lukas haben aber auch gelernt, dass Kristalle Salzlösungen bei unterschiedlichen Abkühlungstemperaturen unterschiedlich groß sein können. Außerdem wissen Sie, dass die Bewegung von z. B. Ionen bei niedrigerer Temperatur abnimmt.

*Abbildung 2: Aufgabenprototypen im Fachkontext Kristallwachstum.*

Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten dazu folgende Instruktionen:

- Stellt zu der Forschungsfrage eine Hypothese auf.
- Plant ein Experiment, um die aufgestellte Hypothese zu überprüfen.
- Beschreibt und skizziert Euren Experimentalaufbau.
- Benennt Eure Untersuchungsgrößen.
- Begründet schriftlich Eure Experimentplanung.
- Notiert Eure Beobachtungen.
- Beurteilt die Hypothesen vor dem Hintergrund Eurer Beobachtungen.
- Beantwortet die Forschungsfrage.

**Bewertung der Schülerperformanz und Kodierung der Qualitätskriterien**

Die Einschätzung der Qualität der umgesetzten Performanz insbesondere beim Experimentieren erfolgt über eine literatur- und kriterienbasierte Kodierung (Hägele & Vorholzer, 2018; Nehring et al., 2016). Dabei gibt der folgende Auszug aus dem Manual einen Eindruck, auf welche Kriterien Bezug genommen wird: „Hypothese benennt UV und AV“, „Gezielte Variation der UV“, „Konstanthalten der KV“, „Planung eines Kontrollansatzes“, „Beschreibung des Messverfahrens“, „Überlegungen zu Alternativen Vorgehen anhand einer Interpretation“. Eine Quantifizierung auf ordinalem Niveau wird damit ermöglicht.

*Das Projekt wird im Rahmen des Programms „Wege in die Forschung II“ durch die Leibniz Universität Hannover gefördert.*

### Literatur

- Arnold, J., Kremer, K., & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 23(1), 21–37. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>
- Grube, C. (2010). Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung.
- Hadenfeldt, J. C. (2013). *Die Entwicklung der Kompetenz im Umgang mit dem Materiekonzept*. Kiel: IPN.
- Hägele, J., & Vorholzer, A. (2018). Experimentieren lernen – Aktivitätsprofile von Schülern. In C. Maurer (Ed.), *Qualitäts?ller Chemie - und ?h?sikunterricht - n?rmati?e und em?irische Dimensi?nen* (pp. 368–371). Regensburg: Universität Regensburg.
- Komorek, M., & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, 26(5), 619–633. <https://doi.org/10.1080/09500690310001614717>
- Nehring, A., Nowak, K. H. K. H., Upmeyer zu Belzen, A., Tiemann, R., zu Belzen, A. U., & Tiemann, R. (2015). Predicting Students’ Skills in the Context of Scientific Inquiry with Cognitive, Motivational, and Sociodemographic Variables. *International Journal of Science Education*, 37(9), 1343–1363. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1035358>
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeyer zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0043-2>
- Scheuermann, H. (2017). *Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten*. Berlin: Logos Verlag.

Alice Langhans<sup>1</sup>  
 Stefan Sorge<sup>1</sup>  
 Katrin Engeln<sup>1</sup>  
 Knut Neumann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel

## **Inquiry-based learning und Leistungsheterogenität - Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrkräften**

Im Unterrichtsalltag stehen Lehrerinnen und Lehrer vor vielen unterschiedlichen Herausforderungen. Zu den Herausforderungen zählen neben dem Umgang mit Unterrichtsstörungen (Helmke, 2017) und der Gestaltung kognitiv aktivierender Lerngelegenheiten (Lipowsky, 2006) auch der produktive Umgang mit Leistungsheterogenität (Scharenberg, 2012; van Ackeren et al., 2016). Eine Möglichkeit mit Leistungsheterogenität im naturwissenschaftlichen Unterricht umzugehen, ist das inquiry-based learning, auch IBL genannt, aufgrund positiver Effekte auf die Kompetenzentwicklung aller Schülerinnen und Schüler. Insbesondere das strukturierte bzw. angeleitete IBL mit einem hohen Maß an Adaptivität und unterstützenden Maßnahmen von Seiten der Lehrperson ist sowohl für leistungsstarke als auch leistungsschwache Schülerinnen und Schüler lernförderlich (Alfieri et al., 2011; Amaral et al., 2002). Aufgrund der Anforderungen an die Lehrpersonen bei der Implementation von IBL ist es essentiell wichtig, dass diese neben entsprechendem Professionswissen außerdem adäquate lehr-lernbezogene Überzeugungen und eine angemessen ausgeprägte Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) haben (Dubberke et al., 2008; Kunter et al., 2013).

### **Theoretischer Hintergrund und Forschungsanliegen**

Unter lehr-lernbezogenen Überzeugungen werden subjektive, implizite und explizite Vorstellungen und Annahmen von Lehrpersonen über schul- und unterrichtsbezogene Phänomene und Prozesse verstanden (Pajares, 1992; Schlichter, 2012). Die SWE bezieht sich auf die Zuversicht in die eigene Fähigkeit, bestimmte Handlungen trotz Schwierigkeiten erfolgreich auszuführen (Bandura, 1997; Bong & Skaalvik, 2003). Verschiedene Studien konnten dabei zeigen, dass lehr-lernbezogene Überzeugungen und die SWE sowohl die professionelle Wahrnehmung und Handlungsintention als auch die Handlungsumsetzung beeinflussen (Depaepe & König, 2018; Kunter et al., 2013). Erfolgreicher Einsatz spezifischer Unterrichtspraktiken wie zum Beispiel IBL als schülerzentrierte Unterrichtsmethode erfordern als handlungsnah bezeichnete, spezifische Überzeugungen (Lipowsky et al., 2003; Talbot & Campbell, 2014).

Diese spezifischen Überzeugungen werden jedoch durch unterschiedliche Kontexte aktiviert und für das professionelle Handeln bedeutsam (Ng & Rao, 2008). Zusätzlich sind sowohl die Wahrnehmung von Leistungsheterogenität als auch das Verständnis von IBL kulturell geprägt, was länderspezifische Merkmalsausprägungen in den Überzeugungen zum Nutzen von IBL beim Umgang mit Heterogenität vermuten lässt (Felbrich et al., 2010; Lipowsky et al., 2003). Eine Betrachtung der Konstrukte im internationalen Kontext ist in diesem Sinne besonders gewinnbringend, da unterschiedliche Ausprägungen sowie Zusammenhänge genauer untersucht werden können. Während zur Erklärung systematischer Unterschiede bisher hauptsächlich persönliche Voraussetzungen berücksichtigt wurden (Darling-Hammond et al., 2002), bemessen Hermans et al. (2008) den kulturellen Kontexten weitere Varianzaufklärung bei. Somit wird im Folgenden der Frage nachgegangen, welche Überzeugungen und SWE zum Nutzen von IBL-Ansätzen bei der Adressierung von Leistungsheterogenität im europäischen Kontext vorliegen.



### Erasmus+ Projekt MaSDiV<sup>1</sup>

Das Projekt *Supporting mathematics and science teachers in addressing diversity and promoting fundamental values* (MaSDiV) umfasst ein forschungsbasiertes, innovatives Fortbildungskonzept für Lehrpersonen der Sekundarstufe I. Ziel des Projektes ist es, Lehrerinnen und Lehrer der Mathematik und Naturwissenschaften im Umgang mit kultureller, sozialer und leistungsbedingter Heterogenität im Klassenzimmer zu unterstützen. Darüber hinaus sollen die Lehrpersonen bei Schülerinnen und Schülern Einsicht in fundamentale Grundwerte unserer Gesellschaft fördern können. Im Rahmen von drei Fortbildungsmodulen mit einem Gesamtumfang von mindestens 15 Stunden Präsenzzeit sollen Lehrende somit unterstützt werden, eine integrative mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung für alle Lernenden anzubieten. Das Projekt wird von der Europäischen Union gefördert und in sechs europäischen Ländern implementiert, evaluiert und disseminiert.

### Methode

Zur Erfassung der lehr-lernbezogenen Überzeugungen sowie der SWE von Lehrpersonen zum Nutzen von IBL bei der Adressierung von Heterogenität wurden  $N = 300$  Lehrpersonen der Sekundarstufe I aus fünf europäischen Ländern zu Beginn der Lehrerfortbildung im Projekt MaSDiV befragt. Im Mittel waren die Lehrerinnen und Lehrer 40 Jahre alt ( $SD = 11$  Jahre) und 64% der Lehrpersonen gaben an weiblichen Geschlechts zu sein. Die Fortbildung richtete sich sowohl an Lehrerinnen und Lehrer der Mathematik als auch naturwissenschaftlicher Fächer. Eine Aufschlüsselung der Fächerzusammensetzung findet sich in Tabelle 1.

Tabelle 1 Stichprobengröße und Fächerzusammensetzung in den verschiedenen Ländern

|              | Deutschland | Malta  | Niederlande | Spanien | Türkei |
|--------------|-------------|--------|-------------|---------|--------|
| <b>N</b>     | 38          | 104    | 49          | 52      | 57     |
| <b>Mathe</b> | 100 %       | 58.7 % | 32.6 %      | 40.9 %  | 52.6 % |
| <b>NaWi</b>  | 0 %         | 41.3 % | 67.4 %      | 59.1 %  | 47.4 % |

Zur Erfassung der Überzeugungen und der SWE zum Nutzen von IBL bei der Adressierung von Heterogenität wurde ein Fragebogen mit jeweils 5 Items pro Konstrukt eingesetzt. Die Items sollten auf einer 4-stufigen Likert-Skala eingeschätzt werden. Bei der Item-Konstruktion wurden sowohl die verschiedenen Facetten von IBL als auch die Adressierung von Leistungsheterogenität berücksichtigt. Konfirmatorische Faktorenanalysen deuten an, dass jeweils ein Item aus der Skala Überzeugungen als auch aus der Skala SWE aufgrund niedriger Ladungen aus den Analysen genommen werden sollte. Eine inhaltliche Analyse der Items zeigt zudem, dass diese einen spezifischen Aspekt des Umgangs mit Leistungsheterogenität abdecken, was das Argument für ein Entfernen der Items stärkt. Die Reliabilitäten sind mit  $\alpha = .72$  für die Überzeugungen und  $\alpha = .70$  für die SWE akzeptabel. In Tabelle 2 sind ausgewählte Beispielitems dargestellt.

Tabelle 2 Beispielitems zur Erhebung der lehr-lernbezogenen Überzeugungen und der SWE

| Skala                       | Beispielitems                                                                                                  | N | $\alpha$ |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------|
| Selbstwirksamkeitserwartung | I feel confident that I can use inquiry-based activities to engage all my students in learning.                | 4 | .70      |
| Überzeugungen               | Having students design their own experiments / investigations creates learning opportunities for all students. | 4 | .72      |

<sup>1</sup> Erasmus+ Key Action 3, Projektnummer: 582943-EPP-1-2016-2-DE-EPPKA3-PI-POLICY

## Ergebnisse

Die Überzeugungen zum Nutzen von IBL-Ansätzen zur Adressierung von Leistungsheterogenität der Lehrpersonen sind in Abbildung 1 dargestellt, während Abbildung 2 die berichtete SWE der Lehrpersonen zeigt.

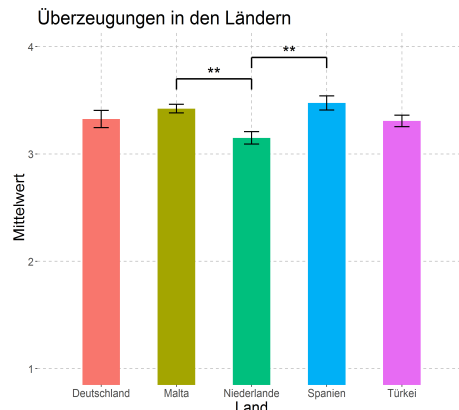


Abb. 1 Überzeugungen der Lehrpersonen zum Einsatz von IBL um Leistungsheterogenität zu adressieren in den verschiedenen Ländern

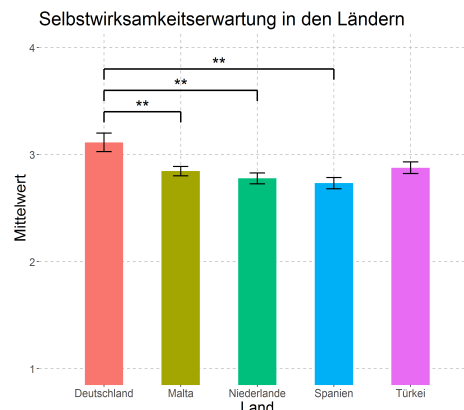


Abb. 2 SWE der Lehrpersonen zum Einsatz von IBL um Leistungsheterogenität zu adressieren in den verschiedenen Ländern

Die Überzeugungen von Lehrpersonen in Spanien zeigen die positivsten Werte ( $M = 3.48$ , Skala von 1 bis 4). Eine ANOVA bestätigt zudem, dass signifikante Mittelwertunterschiede in den Überzeugungen vorliegen ( $F(4, 279) = 4.49, p < 0.001$ ). Die post-hoc Analyse mit dem Tukey-Test zeigt, dass Lehrpersonen in den Niederlanden signifikant geringere Überzeugungen ( $M = 3.15$ ) im Vergleich zu Lehrerinnen und Lehrern in Spanien ( $p = 0.002$ ) und Malta ( $p = 0.004$ ) berichten.

Lehrpersonen in Deutschland schätzen sich wiederum als besonders selbstwirksam bei der Adressierung von Leistungsheterogenität durch den Einsatz von IBL ein ( $M = 3.11$ ). Auch für die SWE zeigt eine ANOVA, dass signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Ländern vorliegen ( $F(4, 284) = 4.93, p < 0.001$ ). Anders als für die Überzeugungen werden hier die Mittelwertunterschiede zwischen Deutschland und den Ländern Malta ( $p = 0.010$ ), Niederlande ( $p = 0.004$ ) und Spanien signifikant ( $p < 0.001$ ).

## Diskussion

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen überwiegend positive Einschätzungen der lehr-lernbezogenen Überzeugungen und SWE zum Einsatz von IBL um Leistungsheterogenität zu adressieren. Unter Berücksichtigung der Freiwilligkeit der Fortbildung ist dies nicht verwunderlich und die Ergebnisse sind aus diesem Grund nicht repräsentativ zu interpretieren. Unterschiedliche Merkmalsausprägungen in den verschiedenen Ländern legen den Schluss nahe, dass verschiedene Faktoren, wie zum Beispiel Ausbildungshintergründe (Hartwig et al., 2017), verschiedene Kontextbedingungen (Skaalvik & Skaalvik, 2010) oder ein unterschiedliches Verständnis der Begriffe einen Einfluss auf die lehr-lernbezogenen Überzeugungen und die SWE haben könnten (Felbrich et al., 2010). Weiterführende Untersuchungen sollten versuchen, die gefundenen Ergebnisse zu erklären.

## Literatur

- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J. & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology* 103 (1), 1–18.
- Amaral, O. M., Garrison, L. & Klentschy, M. (2002). Helping English Learners Increase Achievement Through Inquiry-Based Science Instruction. *Bilingual Research Journal* 26 (2), 213–239.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy. The exercise of control*. New York, NY: Freeman.
- Bong, M. & Skaalvik, E. M. (2003). Academic Self-Concept and Self-Efficacy. How Different Are They Really? *Educational Psychology Review* 15 (1), 1–40.
- Darling-Hammond, L., Chung, R. & Frelow, F. (2002). Variation in teacher preparation. How well do different pathways prepare teachers to teach? *Journal of Teacher Education* 53 (4), 286–302.
- Depaepe, F. & König, J. (2018). General pedagogical knowledge, self-efficacy and instructional practice. Disentangling their relationship in pre-service teacher education. *Teaching and Teacher Education* 69, 177–190.
- Dubberke, T., Kunter, M., McElvany, N., Brunner, M. & Baumert, J. (2008). Lerntheoretische Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 22 (34), 193–206.
- Felbrich, A., Schmotz, C. & Kaiser, G. (2010). Überzeugungen angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (Hrsg.), *TEDS-M 2008. Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Mathematiklehrkräfte für die Sekundarstufe I im internationalen Vergleich* (1. Aufl., S. 297–326). Münster: Waxmann Verlag GmbH.
- Hartwig, S. J., Schwabe, F., Gebauer, M. M. & McElvany, N. (2017). Wie beurteilen Lehrkräfte und Lehramtsstudierende Leistungsheterogenität? Ausprägungen, Zusammenhänge und Prädiktoren von Einstellungen und Motivation. *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 64 (2), 94.
- Helmke, A. (2017). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (Schule weiterentwickeln, Unterricht verbessern Orientierungsband, 7. Auflage). Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.
- Hermans, R., van Braak, J. & van Keer, H. (2008). Development of the Beliefs about Primary Education Scale. Distinguishing a developmental and transmissive dimension. *Teaching and Teacher Education* 24 (1), 127–139.
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T. & Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers. Effects on instructional quality and student development. *Journal of Educational Psychology* 105 (3), 805–820.
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In C. Allemann-Ghionda & E. Terhart (Hrsg.) *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern. Zeitschrift für Pädagogik*. (51), 47–40 [Themenheft]. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Lipowsky, F., Thußbas, C., Klieme, E., Reusser, K. & Pauli, C. (2003). Professionelles Lehrerwissen, selbstbezogene Kognitionen und wahrgenommene Schulumwelt. Ergebnisse einer kulturvergleichenden Studie deutscher und Schweizer Mathematiklehrkräfte. *Unterrichtswissenschaft* 31 (3), 206–237.
- Ng, S. S. N. & Rao, N. (2008). Mathematics teaching during the early years in Hong Kong. A reflection of constructivism with Chinese characteristics? *Early Years* 28 (2), 159–172.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research. Cleaning Up a Messy Construct. *Review of Educational Research* 62 (3), 307–332.
- Scharenberg, K. (2012). *Leistungsheterogenität und Kompetenzentwicklung. Zur Relevanz klassenbezogener Kompositionsmerkmale im Rahmen der KESS-Studie* (Empirische Erziehungswissenschaft, Bd. 36, 1. Aufl.). Münster: Waxmann.
- Schlichter, N. (2012). *Lehrerüberzeugungen zum Lehren und Lernen*. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen. Göttingen. <https://ediss.uni-goettingen.de/bitstream/handle/11858/00-1735-0000-000D-F0A6-8/schlichter.pdf?sequence=1>. Zugegriffen: 17. Juli 2018.
- Skaalvik, E. M. & Skaalvik, S. (2010). Teacher self-efficacy and teacher burnout. A study of relations. *Teaching and Teacher Education* 26 (4), 1059–1069.
- Talbot, J. & Campbell, T. (2014). Examining a teacher's negotiation through change. Understanding the influence of beliefs on behavior. *Teacher Development* 18 (3), 418–434.
- van Ackeren, I., Racherbäumer, K., Funke, C. & Clausen, M. (2016). Herausforderungen für und Bewältigungsstrategien von Lehrkräften an Schulen in sozialräumlich deprivierter Lage. In *Steuerung im Bildungssystem. Implementation und Wirkung neuer Steuerungsinstrumente im Schulwesen* (Bd. 43, S. 138–160). Berlin.

## Konzepte erarbeiten oder sichern?

### Ausgangslage

„Das erfolgreiche Abschneiden finnischer Schüler in internationalen Schulleistungsvergleichen hat vor allem in Deutschland zu einer regen Debatte um die Qualität des deutschen Unterrichts in naturwissenschaftlichen Fächern geführt“ (Geller, 2015, S. 1). Insbesondere das QuIP-Projekt versuchte in der Folge, Unterrichtsstrukturen und Rahmenbedingungen für deren erfolgreiches Wirken zu ermitteln und zu dokumentieren (Fischer, Labudde, Neumann & Viiri, 2014, vgl. S. 13).

### Theoretischer Hintergrund

Geller, Neumann und Fischer (2014, vgl. S. 81) stellen im Rahmen des QuIP Projekts dar, wie Unterricht in den betrachteten Ländern strukturiert ist und welchen Einfluss dieser Aufbau auf die Leistung der SchülerInnen hatte. Als Grundlage für die Kategorisierung der von ihnen beobachteten Stunden verwenden Geller et al. (2014, vgl. S. 82) die von F. K. Oser und Beariswyl (2001) eingeführten und von Reyer (2004) bzw. Wackermann (2008) auf den Physikunterricht übertragenen Basismodelle des Lernens und Lehrens. Geller et al. (2014) beobachten in allen drei Ländern am häufigsten eine starke Orientierung am Basismodell Konzeptbilden, jedoch länderspezifisch mit unterschiedlicher Abstufung. (Geller et al., 2014, vgl. S. 87). Sie beobachteten sowohl in Deutschland eine geringere Orientierung der Stunden am Basismodell Konzeptbilden als in Finnland, als auch unterschiedliche Schwerpunktsetzungen innerhalb des Basismodells. Wenn es also um den Erwerb von systematischem Fachwissen geht, dann wird innerhalb des Konzeptbildens in Deutschland häufig der Fokus auf das Erarbeiten des Konzepts gelegt, in Finnland dagegen auf die Anwendung und die Vernetzung des Konzepts (Geller et al., 2014).

In einer anschließenden Studie untersucht Geller „inwieweit [...] sich die Sequenzierung des Physikunterrichts in Finnland, Deutschland und der Schweiz [unterscheidet]“ (Geller, 2015, S. 65) und „inwieweit [...] die Sequenzierung des Physikunterrichts in Finnland, Deutschland und der Schweiz mit unterschiedlichen Schülerleistungen zusammenhängt [...]“ (Geller, 2015, S. 65 und S. 67). Sie vermutet, dass Konzeptbilden im Unterricht entweder mit einem erarbeitenden oder einem sichernden Schwerpunkt verwendet wird (Geller, 2015, S. 116f).

Die Autorin stellt bei der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Ländern und Sequenzierung fest, dass der Zeitanteil für die Einführung eines neuen Konzepts in Deutschland merklich höher als in Finnland war und der Zeitanteil für die Phasen zur Festigung des neuen Konzepts in Finnland deutlich höher war als in Deutschland (Geller, 2015, vgl. S. 120). Sie sieht hier jedoch keinen klaren linear positiven Zusammenhang zwischen den Zeitanteilen der erarbeitenden Unterrichtsphasen und der Schülerleistung bzw. konnte ihn nicht nachweisen. Für die Zeitanteile der Phasen zur Festigung des neuen Konzepts dagegen stellte sie eine positive Korrelation zum Lernzuwachs der Klassen fest (Geller, 2015, vgl. S. 122f). Einerseits behauptet die Autorin, die Gesamtheit ihrer „Befunde [stärke] die Annahme, dass die geringeren Anteile der Phasen der Verallgemeinerung und des aktiven [Umgangs] mit dem neuen Konzept in Deutschland im Vergleich zu Finnland für die Unterschiede bei den Lernzuwächsen mit verantwortlich sind“ (Geller, 2015, S. 123). Andererseits muss sie offen lassen, inwieweit sich höhere oder niedrigere Zeitanteile auf die Leistung in den jeweiligen Ländern auswirken würden. Sie hält daher weitere Untersuchungen für nötig, um festzustellen ob eine Veränderung der zeitlichen

Unterrichtsstruktur in Deutschland zu umfangreicherem Fachwissen der SchülerInnen führt. Geller (2015) schließt daraus, dass weitere Untersuchungen benötigt werden, um zu eruieren, ob ein erhöhter „Zeitanteil für die Verallgemeinerung und den aktiven Umgang mit dem neuen Konzept in Deutschland tatsächlich zu einer Steigerung der Schülerleistung führen könnte“ (Geller, 2015, S. 123). Sie schlägt daher eine experimentelle Studie vor, in welcher die Schwerpunktsetzung der zeitlichen Gestaltung des Unterrichts variiert wird. So sollten Stunden mit einer Schwerpunktsetzung einmal zugunsten der Erarbeitung im Kontext stellvertretend für eine typisch deutsche Zeitstruktur und einmal zugunsten der Verallgemeinerung und des aktiven Umgangs mit dem neuen Konzept stellvertretend für eine typisch finnische Zeitstruktur gehalten werden (Geller, 2015, vgl. S. 134ff). Geller (2015, vgl. S. 117) bezeichnet diese beiden Schwerpunkte als erarbeitend bzw. sichernd.

Studien zur Basismodelltheorie implizieren ähnliche Untersuchungsansätze. Wackermann (2017) fordert in der Kritik einer Unterrichtsstunde, dass „Physikalische Konzepte [...] zügig eingeführt, deduktiv bedeutsam und ausgiebig geübt werden.“ Maurer (2016) vermutet, dass ausgiebiges Üben und Festigen des neuen Konzeptes, gefolgt von innerfachlicher Vernetzung, einer Überforderung der Schüler bei solchen Inhalten, die Ergebnis der Vernetzung von Begriffen und Erfahrungen sind, vorbeugt. Um dies leisten zu können, liegt die rasche und deduktive Einführung des Prototypen, wie Wackermann (2017) sie fordert, nahe.

Die Befunde zur Unterrichtsstrukturierung in Deutschland und Finnland auf der einen Seite und die Resultate zur Basismodelltheorie auf der anderen Seite lassen die Frage aufkommen, ob und inwieweit die rasche und deduktive Einführung des Prototypen im Sinne des Basismodells Konzeptaufbau (KA) lernwirksamer sei als das zeitaufwendigere Erarbeiten.

### **Studiendesign und Methoden**

Dazu werden zwei Unterrichtsstunden (60 min) zum Konzept des Fließgleichgewichts für die achte Jahrgangsstufe des Gymnasiums in Bayern erarbeitet. Variiert wird dabei die zweite Phase des Basismodells „Konzeptaufbau“ (KA2), also das Durcharbeiten des Prototypen. Dieser Gegenstand wird einmal deduktiv und rasch eingeführt (sichernder KA), einmal induktiv erarbeitet (erarbeitender KA). Gleichzeitig muss die didaktische Funktion der dazu eingesetzten Experimente variiert werden, so dass diesen im sichernden KA eher hypothesentestende Funktion zugewiesen wird, während den Experimenten im erarbeitenden KA eher hypothesengenerierende Funktion zugewiesen wird (siehe Abb.1).

Als Prototyp für das oben genannte Konzept dient in beiden Stunden das Fließgleichgewicht elektromagnetischer Strahlung beim atmosphärischen Treibhauseffekt bzw. dessen Wiedereinstellung nach einer Störung. Die dazu eingesetzten Versuche sind dem Unterrichtskonzept von Höttecke et al. (2009) bzw. den Versuchen von Berge (2009) entlehnt. Besonders der Aspekt der wellenlängenabhängigen Durchlässigkeit verschiedener Materialien für elektromagnetische Strahlung soll durch ein Experiment gewonnen bzw. überprüft werden. Dazu wird die Temperatur einer Halogenlampe mit einem Infrarotthermometer einmal direkt und einmal mit einer dünnen Plexiglasscheibe zwischen Lampe und Thermometer gemessen. Außerdem wird das Konzept eines Fließgleichgewichts durch einen Wassereimer, der ein Loch im Boden hat, in einer Analogie dargestellt. Hängt dieser an einem Wasserhahn mit konstantem Zufluss, stellt sich durch den Abfluss im Boden ein bestimmter Wasserstand im Eimer ein. Es fließt genau so viel Wasser aus dem Eimer heraus, wie in den Eimer hinein fließt. Das Fließgleichgewicht hat sich eingestellt. Ändert sich nun etwas am Zufluss bzw. kann weniger Wasser aus dem Eimer abfließen, ändert sich auch die Höhe des Wasserspiegels. Es stellt sich ein neuer Gleichgewichtsfall ein.

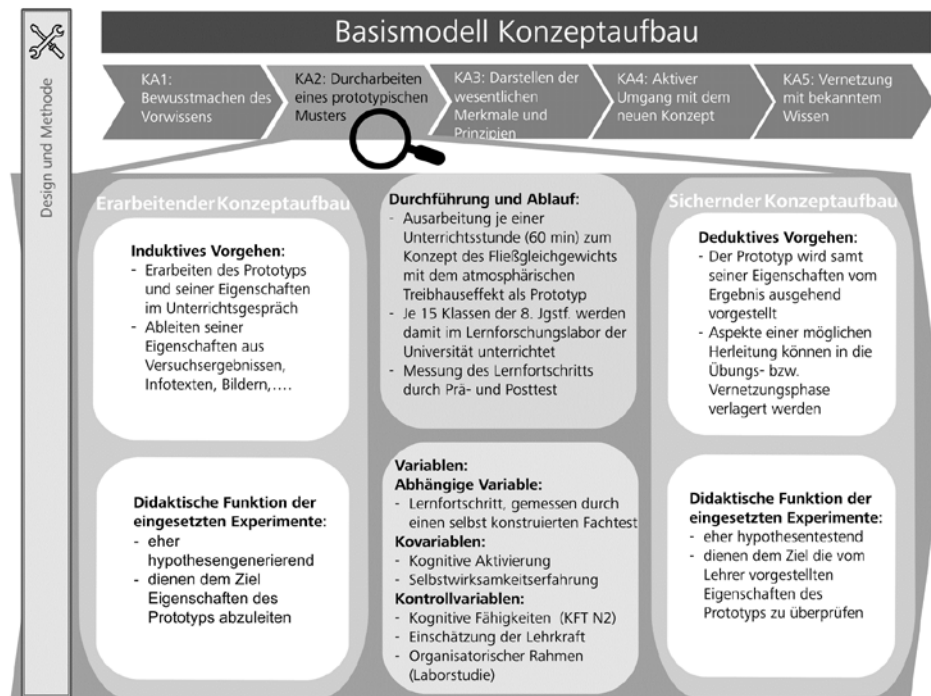


Abb. 1: Studiendesign und methodisches Vorgehen

Im weiteren Vorgehen unterscheiden sich die beiden Unterrichtsstunden vor allem in den Handlungskettenschritten KA4 (Aktiver Umgang mit dem Konzept) und KA5 (Vernetzung mit bekanntem Wissen), da im sichernden KA durch die raschere Abhandlung von KA2 analog zur finnischen Zeitstruktur mehr Zeit für diese wichtigen Handlungskettenschritte bleibt. Jedoch müssen Aspekte der Erarbeitung aus KA2 des erarbeitenden Musters in KA5 des sichernden Musters nachgeholt werden, da die Verbindung des neuen Konzepts mit dem bisherigen Wissen im sichernden KA bisher nicht erfolgt ist. Die sich daraus ergebende Frage beleuchtet also den Aspekt, ob die Vernetzung des neuen Konzepts mit dem Vorwissen erst nach dessen Kenntnis und Anwendung erfolgen sollte, oder ob das neue Konzept aus der Vernetzung mit dem Vorwissen heraus entwickelt werden sollte. Die Studie ist als Laborstudie angelegt. Dazu besuchen für jeden der beiden Studententypen ca. 15 Klassen der achten Jgstf. das Lernforschungslabor der Universität Regensburg. Mit einem Prä- bzw. Posttest soll der Lernzuwachs bei den SchülerInnen ermittelt werden. Dazu wird ein Fachwissenstest zum Thema der beiden Stunden selbst konstruiert. Als Kovariablen werden die kognitive Aktivierung und die Selbstwirksamkeitserfahrung erhoben. Kontrolliert werden neben den organisatorischen Rahmenbedingungen die kognitiven Fähigkeiten der SchülerInnen, die im Prätest durch eine KFT-Facette erhoben werden, sowie die Einschätzung der Lehrkraft durch die Schülerinnen und Schüler. Ein Versuchsleiterereffekt soll dadurch kontrolliert werden. Da die entstehenden Datensätze geschachtelt sind, muss die Auswertung mit Hilfe von Mehrebenenmodellen erfolgen. Auch der Tatsache, dass das Vorwissen der SchülerInnen nicht als Kontrollvariable erhoben wird, wird dadurch Rechnung getragen.

## Literatur

- Fischer, Hans E.; Labudde, Peter; Neumann, Knut; Viiri, Jouni (2014): Quality of Instruction in Physics. Comparing Finland, Switzerland and Germany. 1. Aufl. s.l.: Waxmann Verlag GmbH
- Geller, Cornelia; Neumann, Knut; Boone, William J.; Fischer, Hans E. (2014): What Makes the Finnish Different in Science? Assessing and Comparing Students' Science Learning in Three Countries. In: International Journal of Science Education 36 (18), 3042-3066
- Oser, F. K. & Beariswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching; Bridging instruction to learning. In Handbook of research on teaching (S. 1031–1065)
- Reyer, Thomas (2004): Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe. Berlin: Logos-Verl (Studien zum Physiklernen. 32)
- Wackermann, Rainer (2008): Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 75)
- Geller, Cornelia (2015): Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb. Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz. Zugl.: Duisburg, Essen, Univ., Diss., 2015. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 191)
- Wackermann, Rainer; Krabbe, Heiko (2017): Die Basismodelle des Lehrens und Lernens. Ein Analysewerkzeug zur Aus- und Fortbildung von Physiklehrkräften. In: MNU Journal 70 (2), S. 122–130
- Maurer, Christian (2016): Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen. Dissertation, Universität Regensburg. Logos Verlag Berlin GmbH
- Höttecke, Dietmar; Maisyenko, Veronika; Rethfeld, Johannes; Mrochen, Maria (2009): Den Treibhauseffekt verstehen. Ein Lernzirkel zur Erarbeitung des komplexen Phänomens "Treibhauseffekt". In: Naturwissenschaften im Unterricht. Physik 20 (111/112), S. 24–36
- Berge, Otto Ernst (2009): Freihandversuche zum Treibhauseffekt. Vorschläge für einfache Modellversuche zu zentralen Aspekten des Treibhauseffektes. In: Naturwissenschaften im Unterricht. Physik 20 (111/112), S. 37–41

Katharina Nave  
Rüdiger Tiemann

Humboldt-Universität zu Berlin

## **Mentale Modellbildung - Verstehen und charakterisieren von Problemlöseprozessen in der Chemie**

**Einleitung** Schüler\_innen fällt das Verstehen und Charakterisieren von komplexen Problemen in der Domäne Chemie oftmals sehr schwer (Koppelt, 2011; Scherer, 2012). Allerdings ist genau dieser Schritt essentiell, um Probleme im Verlauf lösen zu können. Aus diesem Grund beschäftigt sich die Studie mit der Frage, welche kognitiven Prozesse während dieses Schrittes ablaufen und wie diese spezifisch für die Domäne Chemie charakterisiert werden könnten.

**Theorie** Für die Chemie wurde ein domänenspezifischer Problemlöseprozess beschrieben, der sich im komplexen Problemösen gründet und aus vier Teilschritten besteht. Der erste Schritt stellt das Verstehen und Charakterisieren des Problems dar (Scherer, Meßinger-Koppelt, & Tiemann, 2014). Um ein Problem verstehen und charakterisieren zu können bilden Personen innere Abbildungen der Situation, die als mentale Modelle bezeichnet werden (Hussy, 1993; Scherer, 2014; Thevenot, 2010). Diese werden von Individuen konstruiert, da komplexe Probleme einen hohen Grad an Komplexität und Dynamik aufweisen und es somit für Personen nicht mehr ausreichend ist, auf ein geeignetes Schema zur Problemlösung zurückzugreifen (Ifenthaler, 2006). Zum Aufbau eines mentalen Modells müssen vorliegende Informationen von Individuen gesichtet werden und ggf. ergänzt oder extrapoliert werden. Anhand eines solchen Modells können dann Maßnahmen und Eingriffe geplant und Entscheidungen getroffen werden (Dörner, 1989, p. 67; Seel, 1991). Die Vermutung liegt nahe, dass Schüler\_innen über keine geeignete Strategie verfügen, um ein mentales Modell der Problemsituation zu bilden. Es stellt sich somit die Frage, wie ein mentales Modell für die Domäne Chemie charakterisiert werden könnte.

Das Modellverständnis nach Lesh, Hoover, Hole, Kelly & Post (2000) scheint diesbezüglich vielversprechend zu sein, zumal dessen generelle Beschreibbarkeit im Kontext der Erkenntnisgewinnung nachgewiesen werden konnte (Rost & Tiemann, 2017). Danach besteht ein mentales Modell aus vier Kategorien: den *Elements*, den *Relationships*, den *Operations*, und den *Rules/Patterns*. Die *Elements* stellen dabei die kleinste und unteilbare Sinneinheit dar, die einem Modell zugrunde liegt. Die *Relationships* bezeichnen hingegen Beziehungen oder ein Verhältnis, in dem die *Elements* zu einander stehen. *Operations* beschreiben die Wechselwirkungen, die sich auf Basis der *Elements* und deren Beziehungen ergeben. Unter *Rules/Patterns* sind Regeln oder Muster zu verstehen, die sich auf das gebildete Modell anwenden lassen (Lesh, Hoover, Hole, Kelly, & Post, 2000).

**Ziel der Studie** Die Studie untersucht, anhand welcher, für die Domäne Chemie spezifischen Indikatoren, die Modellkategorien (*Elements*, *Relationships*, *Operations*, *Rules/Patterns*) operationalisiert werden können.

**Methodisches Vorgehen** Um die Modellkategorien nach Lesh et al. für die Domäne Chemie zu operationalisieren wurde eine halbstrukturierte schriftliche Befragung durchgeführt (Döring & Bortz, 2016). Hierfür wurde in einem ersten Schritt eine deduktive Beschreibung der Modellkategorien nach Lesh et al. für die Domäne Chemie realisiert. Mittels der deduktiven Kategorien wurden vier Fragen formuliert, anhand derer die Ausprägung der Modell-Kategorien nach Lesh et al. (2000) von Proband\_innen expliziert werden mussten. Der Fragebogen wurde so aufgebaut, dass für insgesamt drei Phänomene eine problemorientierte



Aufgabe sowie unterschiedlich repräsentierte Zusatzinformationen dargeboten wurden. Diese mussten miteinander in Bezug gesetzt werden, um das Problem verstehen und charakterisieren zu können (Koppelt, 2011; Scherer, 2012). Zusätzlich wurde eine Frage formuliert, anhand derer die Proband\_innen das Problem erläutern mussten. Diese Frage sollte als Kontrollvariable dienen, da nur erfolgreiche Problemlöser\_innen in die Auswertung einbezogen werden sollten. Der Fragebogen wurde mehrmals überarbeitet und schließlich in einer Expert\_innen-Befragung, bestehend aus acht Expert\_innen mit dem Ziel bearbeitet, die Validität des Fragebogens zu optimieren. Um die Problemsituation bei den Proband\_innen dynamisch darzustellen wurden zusätzlich drei Videovignetten erstellt, die das Problem in einer Experimentierumgebung zeigen (Scherer, 2012). Die Fachinhalte wurden aus dem Rahmenlehrplan Teil C Chemie der Sekundarstufe I für Berlin abgeleitet (LISUM, 2016).

Insgesamt wurden 33 Studierende des Bachelorstudiums mit Lehramtsoption und der Fächerkombination Chemie befragt. Diese Personengruppe wurde ausgewählt, da ein mentales Modell abhängig von dem individuellen Vorwissen einer Person ist und somit sichergestellt werden sollte, dass die Proband\_innen über ein homogenes deklaratives Fachwissen verfügen (Durso & Gronlund, 1999; Ifenthaler, 2006).

Die Auswertung des Textmaterials fand anhand der zusammenfassenden qualitativen Inhaltsanalyse mit induktiver Kategorienbildung statt (Mayring, 2015). In einem ersten Schritt wurden Analyseeinheiten festgelegt und die Aussagen der Proband\_innen paraphrasiert. Somit wurde anhand von definierten Regeln eine erste Zusammenfassung (Paraphrasierung) der Inhalte durchgeführt. In diesem Zusammenhang wurden nicht inhaltstragende Textbestandteile aussortiert. In einem nächsten Schritt wurde weiter reduziert, indem inhaltsgleiche Paraphrasen zusammengefasst wurden. Dabei wurde stets ein Rückbezug zum Ausgangsmaterial hergestellt. Im Anschluss an die Paraphrasierung wurden die Nennungen der einzelnen Paraphrasen quantifiziert. Weiterhin wurde eine induktive Kategorienbildung durchgeführt. Dies geschah anhand eines Verallgemeinerungsprozesses, ohne dass sich im Vorhinein auf theoretische Grundlagen gestützt wurde. Dieses Vorgehen hat den Sinn, dass das Material möglichst gegenstandsnah abgebildet werden sollte. In diesem Sinne wurden ähnliche Reduktionsvorgänge angewendet wie zur Paraphrasierung (Mayring, 2015, pp. 85-86). Hierfür wurde ein Teil des paraphrasierten Materials analysiert und Regeln zur Bildung der Unterkategorien definiert. Im Anschluss wurde das gesamte Material durchgearbeitet. Somit konnten für jede Modellkategorie (*Elements*, *Relationships*, *Operations* und *Rules/Patterns*) drei Unterkategorien erarbeitet werden, die als Deskription, Erklärung und weitere Einflussfaktoren beschrieben wurden. Zur Bestimmung der Interdecoderreliabilität des Kategoriensystems wurden zwei voneinander unabhängige Kodierer\_innen das erstellte Kategoriensystem vorgelegt. Das vollständige Kategoriensystem wurde doppelt kodiert.

**Ergebnisse** Es konnte eine Vielzahl an Einzelaussagen generiert werden, die sich hinsichtlich der Phänomene unterscheiden. So machten Proband\_innen zwei bis acht Einzelaussagen pro Kategorie und je Phänomen, was im Schnitt sechs bis 24 Indikatoren je Proband\_in und Kategorie entsprach. In die Operationalisierung sind nur die Indikatoren der Studierenden eingeflossen, die das Problem fachlich richtig repräsentieren konnten. Im Folgenden werden die Ergebnisse je Modellkategorien betrachtet. Insgesamt lässt sich erkennen, dass es innerhalb der Kategorien inhaltliche Überschneidungen gab.

So können für alle drei Phänomene in der Kategorie *Elements* eher deskriptive Aussagen von Proband\_innen festgestellt werden. Sie beschreiben größtenteils in dieser Kategorie was sie sehen können. Dies deutet darauf hin, dass die Proband\_innen in einer Problemsituation unter den kleinsten Sinneinheiten (*Elements*) eines Problems das verstehen, was visuell

wahrgenommen werden kann. Dies deckt sich vor allem mit dem Umstand, dass ein Großteil der Proband\_innen Angaben auf der Stoffebene machten. So werden bei allen drei Phänomenen zum Großteil die jeweiligen Stoffe beschrieben, die das Phänomen hervorrufen. Erwartet wurde allerdings, dass in dieser Kategorie auch Angaben auf der Teilchenebene gemacht werden. Diese Annahme gründet sich darin, da im Sinne des chemischen Denkens, makroskopische Phänomene anhand der submikroskopischen sowie symbolischen Ebene erklärt werden können (Johnstone, 1991). Nur durch die Teilchenvorstellung sowie Vorstellungen über Atom- oder Bindungsmodelle, können Erklärungen und Vorhersagen getroffen werden (Bindernagel & Eilks, 2008).

In der Kategorie *Relationships* wurde erwartet, dass vor allem Angaben gemacht werden, die eine Beziehung zwischen den *Elements* verdeutlichen (Lesh et al., 2000). So wurde angenommen, dass beispielsweise Verhältnisse, wie eine unterschiedliche Ladungsverteilung in einem Molekül oder Größen-, Energie-, oder Zahlenverhältnisse von den Proband\_innen genannt werden. Für diese Kategorie zeigt sich ein inhomogenes Bild. So machten Proband\_innen weniger Angaben auf der Stoffebene als in der Kategorie davor, allerdings machten sie dennoch größtenteils Angaben darüber, die als deskriptiv gewertet werden können (beispielsweise das Vorhandensein einer exothermen Reaktion, die durch eine gelbe Flamme identifiziert werden kann).

Für die Kategorie *Operations* wurde angenommen, dass vor allem Wechselwirkungen genannt werden die beschreiben, wie die *Elements* und deren *Relationships* miteinander interagieren (Lesh et al., 2000). Es wurde somit angenommen, dass vermehrt prozessbezogene Angaben gemacht werden, die einen erklärenden oder schlussfolgernden Charakter besitzen. Tatsächlich macht ein Großteil der Befragten über chemische Prozesse Angaben und darüber, welche Einwirkungen beispielsweise Größen wie die Temperatur auf diese haben. Auch wird in dieser Kategorie stärker auf den Teilchenaspekt und damit auf die submikroskopische Ebene von den vorgestellten Problemen eingegangen (Johnstone, 1991).

Die Kategorie *Rules/Patterns* erfüllt die Erwartungen dagegen komplett. Für diese Kategorie wurde angenommen, dass vor allem Aussagen darübergemacht werden, die als naturwissenschaftliche Regeln oder Muster verstanden werden können und über einen erklärenden Charakter verfügen, sodass beispielsweise anhand eines Grundsatzes (Gleiches löst sich in Gleichem) das Phänomen erklärt werden kann (siehe Tabelle 1). Zusammenfassend konnte in der vorliegenden Arbeit eine Liste an Indikatoren erstellt werden, die die vier Modell-Kategorien nach Lesh et al. (2000) für die Chemie operationalisieren.

Für das Kategoriensystem ergibt sich ein Cohen's  $k$  von 0,56, was insgesamt eine akzeptable Interoderreliabilität darstellt (Wirtz & Caspar, 2002, p. 59).

**Diskussion** Eine Limitierung des zugrunde gelegten Modellverständnisses nach Lesh et al. (2000) lässt sich daran erkennen, dass den Kategorien *Relationships* und *Operations* keine eindeutigen deskriptiven oder erklärenden Indikatoren zugeschrieben werden können. Weiterhin sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Proband\_innen zu einer bereits bestehenden Theorie befragt wurden. Ob dies ein tatsächliches mentales Modell der Proband\_innen zur Strukturierung von chemischem Wissen darstellt, bleibt offen. Aus diesem Grund würde es für weitere Untersuchungen interessant sein, Proband\_innen in Problemsituationen mit der Methode des lauten Denkens zu befragen und somit zu erforschen, ob diese auch natürlicherweise in den beschriebenen Kategorien denken.

### Literatur

- Bindernagel, J., & Eilks, I. (2008). Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht und ein Einblick in das Verständnis von erfahrenen Chemielehrkräften. *Chemkon*, 15(4), 181–186.
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (Vol. 5). Berlin [u. a.]: Springer Verlag.
- Dörner, D. (1989). *Die Logik des Mißlingens: Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Hamburg: Rowohlt.
- Durso, F. T., & Gronlund, S. (1999). Situation awareness. In F. T. Durso, R. S. Nickerson, R. W. Schvaneveldt, S. T. Dumais, D. S. Lindsay, & M. T. H. Chi (Eds.), *Handbook of Applied Cognition*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Hussy, W. (1993). *Denken und Problemlösen*. Stuttgart [u. a.]: Verlag W. Kohlhammer.
- Ifenthaler, D. (2006). *Diagnose lernabhängiger Veränderung mentaler Modelle - Entwicklung der SMD-Technologie als methodologisches Verfahren zur relationalen, strukturellen und semantischen Analyse individueller Modellkonstruktionen*. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, Freiburg im Breisgau.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
- Koppelt, J. (2011). *Modellierung dynamischer Problemlösekompetenz im Chemieunterricht*. (Dissertation), Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, H., & Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.), *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*. Mahwah [u. a.]: Lawrence Erlbaum Associates.
- LISUM, (2016). Rahmenlehrplan Online, Berlin & Brandenburg. Teil C, Chemie Jahrgangsstufe 7-10. Retrieved from <http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/rlp-online/startseite/>
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. (Vol. 12). Weinheim [u. a.]: Beltz Verlag.
- Rost, M., & Tiemann, R. (2017). *Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht nutzen. Erste Ergebnisse aus einem Ansatz zur Zweckorientierung von Modellen*. Paper presented at the Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Regensburg. [http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP\\_Band37.pdf](http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band37.pdf)
- Scherer, R. (2012). *Analyse der Struktur, Messinvarianz und Ausprägung komplexer Problemlösekompetenz im Fach Chemie: Eine Querschnittstudie in der Sekundarstufe I und am Übergang zur Sekundarstufe II*. Berlin: Logos Verlag.
- Scherer, R. (2014). Komplexes Problemlösen im Fach Chemie: Ein domänenspezifischer Zugang. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 28(4), 181-192.
- Scherer, R., Meßinger-Koppelt, J., & Tiemann, R. (2014). Developing a computer-based assessment of complex problem solving in Chemistry. *International Journal of STEM Education*, 1(2), 15.
- Seel, M. N. (1991). *Weltwissen und Modelle*. Göttingen [u.a.]: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Wirtz, M. A., & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Göttingen [u.a.]: Hogrefe, Verlag für Psychologie.

Ingrid Krumphals  
 Melanie Renner  
 Claudia Haagen-Schützenhöfer

Universität Graz

### **Fallstudie zu FW und FDW von Ph-LA Studierenden zu ‚Actio und Reactio‘**

#### **Ausgangspunkt und Ziel der Studie**

Das Lehramtsstudium in Österreich befindet sich derzeit in einem Umstrukturierungsprozess. In der österreichischen Lehrerbildung wurde durch den Bologna-Prozess eine Bachelor-Master-Struktur implementiert. Diese Umstrukturierung führte dazu, dass an der Universität Graz im Physiklehramtsstudium neue Ablaufstrukturen und Curricula entwickelt und in das Studium eingebettet wurden, die die Entwicklung professioneller Handlungskompetenz zukünftiger Lehrkräfte stärker begünstigen sollen. Konkret wurden, unter Einschränkung struktureller Vorgaben, fach- und fachdidaktische Lehrveranstaltungen systematischer vernetzt, indem diese nach physikalischen Inhalten gekoppelt und zeitlich parallel angeboten werden. Dadurch soll den Studierenden ermöglicht werden, fachliche Grundlagen in den Fachlehrveranstaltungen aufzubauen bzw. zu vertiefen. Parallel dazu sollen domänenspezifische fachdidaktische Inhalte, wie beispielsweise häufige Schülervorstellungen und Unterrichtskonzeptionen erarbeitet werden. Damit soll vor allem der Aufbau von Fachwissen (FW) und fachdidaktischem Wissen (FDW) (Riese, 2009) unterstützt werden.

Bisherige Studien bzgl. des Professionswissens von Physiklehramtsstudierenden decken sowohl in Deutschland als auch in Österreich teilweise große Defizite auf (vgl. z. B. Riese, 2009; Krumphals, Riese & Hopf, 2014). Die neu gestaltete Struktur und die Curricula sollen diesen Defiziten entgegenwirken. Bisher wurde die Wirkung dieser neuen Curricula auf die Professionalisierung der Physiklehramtsstudierenden an der Universität Graz noch nicht untersucht. Unklar ist außerdem, inwiefern sich die Struktur bzw. die neuen Lehrveranstaltungen tatsächlich auf das FW und das FDW der Physiklehramtsstudierenden auswirken. Genau an diesem Punkt setzt die vorliegende Studie an. Im Zuge einer Qualifikationsarbeit (Renner, 2018) wurde eine explorative Fallstudie mit 6 Studierenden durchgeführt. Deren FW und Facetten des FDW zum 3. Newton'schen Axiom wurden dabei qualitativ untersucht. Damit sollen erste Hinweise bzgl. der Wirkung der neuen Curricula gefunden und Anhaltspunkte hinsichtlich einer Weiterentwicklung ebendieser identifiziert werden.

#### **Rahmenbedingungen und Untersuchungsdesign**

Das neu implementierte Bachelor-Physiklehramtsstudium sieht im dritten Semester die Fachvorlesung „Experimentalphysik 1 (Mechanik, Wärme)“ (6 EC) inklusive der Übungen zur Vorlesung (2 EC) und die themenspezifisch dazugehörige Fachdidaktik-Lehrveranstaltung „Fachdidaktik Mechanik und Thermodynamik“ (3 EC) vor. Diese Lehrveranstaltungen fanden im neuen Bachelorstudienplan im WS 2017/18 zum zweiten Mal statt. Somit schien für die vorliegende Studie der Themenbereich Mechanik günstig zu sein, um die Wirksamkeit des neuen Curriculums explorativ zu untersuchen. Konkret lag hierbei der Fokus auf dem 3. Newton'schen Axiom.

Insgesamt wurden 6 Studierende (5 weiblich, 1 männlich) am Ende des 3. Semesters befragt. Es wurde sichergestellt, dass die Probanden zum Erhebungszeitpunkt beide Fachlehrveranstaltungen sowie die Fachdidaktik-Lehrveranstaltung besuchten bzw. bereits absolviert hatten und somit die Lerngelegenheiten sowohl im Fach als auch in der Fachdidaktik für die Studierenden bereits stattfanden. Die Teilnahme der Befragten beruhte auf Freiwilligkeit, wobei die Befragung während der Lehrveranstaltung in einem

angrenzenden Raum stattfand. Diese war quasi anonym, da die Personenauswahl durch den Lektor der Fachdidaktik-Lehrveranstaltung administriert wurde, die Probanden der Versuchsleitung unbekannt waren und die Namen der Probanden nicht weitergegeben wurden.

Die Befragung begann mit einem kurzen schriftlichen Fragebogen, mittels welchem demographische Daten, Einstellungen zu Experimenten im Physikunterricht (Riese, 2009), epistemologische Vorstellungen (ebd.), Beliefs zu rezeptartigem Lernen (ebd.) und Selbstwirksamkeitserwartungen im Handlungsfeld Schülervorstellungen (Meinhardt, Rabe & Krey, 2016) erhoben wurden. Anschließend beantworteten die Probanden Fragen zum FW und zum FDW, begleitet durch lautes Denken (Introspektion) (vgl. z. B. Konrad, 2010). Am Ende der Befragung wurden die Studierenden zu Lerngelegenheiten im Fachdidaktikseminar befragt bzw. gebeten, Aspekte zu nennen, die ihrer Meinung nach die Entwicklung ihres Professionswissens unterstützten. Der genaue Ablauf ist in Abbildung 1 ersichtlich. Die Audioaufnahmen des lauten Denkens der Probanden wurden transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) analysiert.

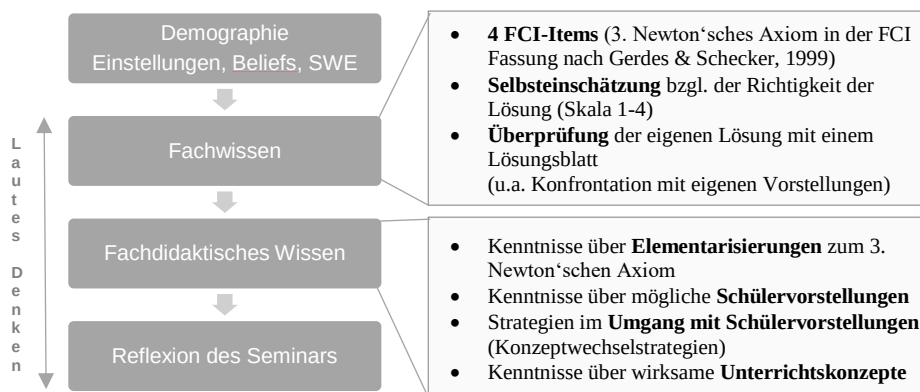


Abb. 1: Ablauf der Befragung

### Ergebnisse

Das **Fachwissen** der Studierenden zum 3. Newton'schen Axiom ist nach der themenspezifischen Ausbildung nicht bei allen Probanden ausreichend ausgeprägt, um konzeptuelle Aufgaben (FCI-Items) zum 3. Newton'schen Axiom korrekt beantworten zu können. Die eine Hälfte der Befragten löste alle 4 Aufgaben richtig, die andere beantwortete alle falsch (siehe Tabelle 1). Dies deutet darauf hin, dass wenigstens die Hälfte der Probanden tiefliegende fachliche Probleme bei der konzeptuellen Anwendung des 3. Newton'schen Axioms hat. Die demographischen Daten der Probanden liefern lediglich für Fall 2 Hinweise bzgl. eines Vorwissensvorsprungs, da dieser bereits Unterrichtserfahrung in technischer Mechanik sammelte.

Tab. 1.: Antwortsicherheit und Korrektheit der Lösung der Probanden. (<sup>f</sup> = falsche Antwort)

| Antwortsicherheit | Item 1                              | Item 2a                         | Item 2b                         | Item 3                          |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Unsicher          |                                     |                                 |                                 |                                 |
| Eher unsicher     |                                     |                                 |                                 |                                 |
| Eher sicher       | 6 <sup>f</sup>                      | 4 5 <sup>f</sup> 6 <sup>f</sup> | 4 5 <sup>f</sup> 6 <sup>f</sup> | 1 4 6 <sup>f</sup>              |
| Sehr sicher       | 1 2 3 <sup>f</sup> 4 5 <sup>f</sup> | 1 2 3 <sup>f</sup>              | 1 2 3 <sup>f</sup>              | 2 3 <sup>f</sup> 5 <sup>f</sup> |

Die Sicherheit bzgl. der Korrektheit der eigenen Antwort ist jedoch bei allen Studierenden hoch ausgeprägt. Auf einer Skala von 1-4 (unsicher, eher unsicher, eher sicher, sehr sicher) sind sich die Studierenden bei allen Items 'eher sicher' bis 'sehr sicher' (siehe Tabelle 1). Die tiefe Verankerung von Fehlvorstellungen zeigte sich vor allem bei Fall 3. Die Konfrontation

mit der richtigen Lösung führte zum vehementen Versuch der Probandin, die Versuchsleitung von der Richtigkeit ihrer eigenen (falschen) Antworten zu überzeugen.

Bezüglich des **fachdidaktischen Wissens** konnte festgestellt werden, dass die Studierenden zum 3. Newton'schen Axiom in allen 4 erhobenen Facetten (Elementarisierungen, Schülervorstellungen, Umgang mit Schülervorstellungen, Unterrichtskonzepte) unzureichende Kenntnisse aufweisen. Die Studierenden können keine zielgruppenadäquaten elementarisierten fachlichen Grundideen zu „Actio est Reactio“ formulieren und bleiben bei ihren Zielen für den Unterricht bzw. bei der Definition des 3. Newton'schen Axioms sehr oberflächlich. Zudem zeigen sich massive Probleme beim Explizieren von Schülervorstellungen, obwohl sogar als Hilfestellung die FCI-Items vor ihnen lagen.

Fall 2 ist beispielsweise überzeugt davon, dass das 3. Newton'sche Axiom sehr einfach zu verstehen ist. Zusätzlich glaubt er, dass es ohnehin „*merksatzartig im Schulunterricht in die Köpfe geprügelt wird*“ (P2:80), sodass die Schülerinnen und Schüler „*auf Nummer sichergehen und A [die richtige Antwort] wählen*“.

Außerdem weisen die Befragten unzureichende und teilweise unerwünschte Vorstellungen zum Umgang mit Schülervorstellungen auf. Dazu gehört, dass Schülervorstellungen ausgelöscht und durch neue Vorstellungen ersetzt werden können. Eine beispielhafte Aussage diesbezüglich ist die Folgende: „*Ich glaube, das [Anm.: der Einsatz von Konzeptwechselstrategien] ist situationsabhängig, es gibt sehr, sehr viele Beispiele und auch Experimente mit denen man sehr, sehr effektiv durch Konfrontation eine Alltagsvorstellung vernichten kann.*“ (P2:82)

Obwohl die Befragten das Mechanik-Fachdidaktikseminar gerade absolvieren und dort das Münchner Mechanikkonzept bereits thematisiert wurde, wurde dieses nur von 2 Fällen (1 und 4) bei den Unterrichtskonzeptionen genannt. Andere Befragte versuchten bei der Frage nach konkreten Konzeptionen für Unterricht mit dem Einsatz von unterschiedlichen Experimenten zu argumentieren.

### Diskussion und Ausblick

Die explorative Fallstudie verfolgte die Ziele der Untersuchung der Wirksamkeit des neuen Curriculums bzgl. des Professionswissens (genauer FW und FDW) von Physiklehramtsstudierenden und das Auffinden von Anhaltspunkten für eine Weiterentwicklung des Physiklehramtsstudiums. Die Ergebnisse der Fallstudie deuten darauf hin, dass ein konzeptuelles Verständnis des 3. Newton'schen Axioms nur teilweise innerhalb der Lerngelegenheiten zur Mechanik erreicht wird. Die Vermutung liegt nahe, dass innerhalb der Lehrveranstaltungen für die Studierenden unzureichend Anlass geboten wird, selbst einen Konzeptwechsel zu vollziehen. Hierzu sei erwähnt, dass in der vorliegenden Studie nicht geklärt werden kann, welche Lerngelegenheiten konkret einen wesentlichen Beitrag zum Wissenserwerb leisteten. Die Betrachtung der Ergebnisse zum FDW sind ebenso ernüchternd. Die Probanden weisen nur geringe Kenntnisse bzgl. Grundideen, Lernschwierigkeiten und Konzeptwechselstrategien auf. Folgt man den Befunden, die FW als Voraussetzung für FDW identifizieren (vgl. z. B. Riese, 2009), sind die Ergebnisse nicht überraschend. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass die Studierenden teilweise unerwünschte Vorstellungen zu Schülervorstellungen bzw. zum Umgang mit Schülervorstellungen entwickelten. Aus den Ergebnissen dieser Fallstudie konnten erste Stellschrauben für die Weiterentwicklung des Physiklehramtsstudiums an der Universität Graz gefunden werden. In einem nächsten Schritt sollen nun Interventionskonzepte zur Förderung von konzeptuellem Verständnis der Mechanik entwickelt werden, um darauf aufbauend die domänenspezifische Entwicklung von FDW zu unterstützen.

### Literatur

Gerdes, J.; Schecker, H. (1999). Der Forve Concept Inventory. Ein diagnostischer Test zu Schülervorstellungen in der Mechanik. In: Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht - MNU 52 (5), 283–288

Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In: Günter Mey & Katja Mruck (Hg.): Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. 1. Aufl.: VS Verlag für Sozialwissenschaften (GWV) | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 476–490

Krumphals, I.; Riese, J.; Hopf, M. (2014). Physics teacher students' professional knowledge in Austria. A comparative study of two teacher training programs. In: C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Hg.): E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. ESERA 2013. Nicosia, Cypress: European Science Education Research Association, 2418–2426

Meinhardt, C.; Rabe, T.; Krey, O. Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. Skalendokumentation. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Halle. Online verfügbar unter [https://www.pedocs.de/volltexte/2016/11818/additional/Meinhardt\\_2016\\_Selbstwirksamkeitserwartungen\\_komprimiert.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2016/11818/additional/Meinhardt_2016_Selbstwirksamkeitserwartungen_komprimiert.pdf), zuletzt geprüft am 11.09.2018

Renner, M. (2018). Professionswissen von Physik-Lehramtsstudierenden im Bereich Mechanik. Diplomarbeit. Graz: Universität Graz

Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos Verl.

Simon Goertz<sup>1</sup>  
 Patrick Klein<sup>1</sup>  
 Josef Riese<sup>1</sup>  
 Heidrun Heinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen University

## Konzeption eines Lernzirkels zu experimentellen Kompetenzen

### Motivation

Schulleistungsstudien wie z.B. PISA haben im deutschen Bildungssystem eine Diskussion initiiert, die zur Kompetenzorientierung in Bildungsstandards und Kernlehrplänen geführt hat. Dabei haben Experimente eine zentrale Bedeutung für den Kompetenzerwerb im Hinblick auf die naturwissenschaftliche Erkenntnismethode und somit auch eine zentrale Stellung im Physikunterricht (vgl. MSW, 2008, S. 9; vgl. MSW, 2014, S. 12–15). In diesem Zusammenhang rückt auch die Vermittlung experimenteller Kompetenzen zunehmend in den Fokus naturwissenschaftlichen Unterrichts. Diesen Prozess will die hier vorgestellte Arbeit durch die Entwicklung entsprechender Konzepte und Unterrichtsmaterialien unterstützen. Insbesondere sollen dabei unter Berücksichtigung bekannter Schülervorstellungen zum Experimentieren variable Lernzirkel für die Schulpraxis entstehen.

### Schülervorstellungen zum Experimentieren

Im Gegensatz zum Einsatz des Experiments in der Forschung, in welcher das Experiment primär der Erkenntnisgewinnung dient, führen SuS<sup>1</sup> häufig Experimente durch, um Effekte zu produzieren (vgl. Ehmer, 2008, S. 19). Dies wird häufig mit dem Begriff „Ingenieurstil“ (Hamann & Mayer, 2012, S. 284) assoziiert, da die methodische Vorgehensweise des Produzierens eher Ingenieuren zugeschrieben wird. Des Weiteren bewerten SuS experimentell gewonnene Daten auf Basis ihres Vorwissens. So wirken sich Vorerfahrungen auf die Bewertung der Messdaten aus, indem SuS eher ihren Vorerfahrungen glauben als den experimentellen Daten (vgl. Ehmer, 2008, S. 20f.). Die Vorbereitung eines Experiments erfordert eine eigenständige Auseinandersetzung mit der Fragestellung und möglichen Hypothesen sowie die Erkenntnis über die relevanten Variablen. Damit die Hypothesen überprüft werden können, müssen die zentralen Prinzipien des Kontroll- oder Vergleichsansatzes sowie der Variablenkontrollstrategie von den SuS eingesetzt werden, was sich für viele SuS als Problem darstellt (vgl. Carey et al., 1989, S. 514; vgl. Barzel et al., 2012, S. 114).

### Die Plattform FLexKom (Fördern und Lernen experimenteller Kompetenzen)

Ausgehend von Schülervorstellungen zum Experimentierprozess werden Module zu experimentellen Kompetenzen im Rahmen der sog. Plattform FLexKom konzipiert und an die Präkonzepte der Lernenden angepasst. Die Plattform soll Ausgangspunkt verschiedener Unterrichtsmaterialien sein, die beispielsweise in einem Lernzirkel zusammengestellt werden können. Für die Lehrenden wird der Zugang zu dieser Plattform Ende 2018 webbasiert möglich sein. Dieser Zugriff ermöglicht Lehrpersonen u.a., individuell Lernzirkel zusammenzustellen, die vor allem in der Schule ihren Einsatz finden sollen. Die einzelnen Module zu experimentellen Kompetenzen sind dabei nicht an eine Jahrgangsstufe gebunden. Zudem haben sich die Entwickler der Plattform dafür entschieden, den physikalischen Hintergrund der ersten konzipierten Stationen so zu gestalten, dass diese Stationen ab der siebten Klasse problemlos eingesetzt werden können. Das Angebot an Modulen soll stetig erweitert werden, so dass später auch Module für die Oberstufe zur Verfügung stehen. Gleichzeitig sollen zu einer

<sup>1</sup> Der Ausdruck „Schülerinnen und Schüler“ wird in diesem Artikel durch die Abkürzung „SuS“ ersetzt.



speziellen experimentellen Kompetenz auch mehrere Module bzw. Lernstationen angeboten werden, sodass eine hohe Flexibilität bei der Gestaltung der Lernzirkel erreicht wird. Die Konzeption der Lernzirkel über diese Plattform lehnt sich mit ihren Rahmenbedingungen an eine Reihe von Lernzirkeln an, die bereits an der RWTH Aachen entwickelt und erprobt worden sind (vgl. Salinga & Heinke, 2016).

### Entwicklung des FLeXKom-Modells und eines ersten Lernzirkels

Für eine differenzierte Formulierung und Visualisierung der Vermittlungsziele einzelner Stationen eines Lernzirkels wird sowohl auf die Merkmale des eXkomp-Modells (vgl. Schreiber et al., 2009) als auch auf das Kompetenzspinnenmodell aus dem Hamburger Schulversuch (vgl. Nawrath et al., 2011) zurückgegriffen. Beide Modelle beinhalten wertvolle, für dieses Projekt nutzbare Aspekte, die in einem modifizierten Schema von Kompetenzspinnen zusammengefasst werden (vgl. Abb. 1 & 2). Hierfür wird eine übergeordnete Ansicht einer Kompetenzspinne erzeugt, welche die Zuordnung der Fähigkeiten zu den drei Phasen des Experiments farbcodiert enthält. Diese Farbcodierung zieht leichte Modifikationen in der Darstellungsform der Kompetenzspinne nach sich (vgl. Abb. 1). Des Weiteren sind die einzelnen Fähigkeiten stärker ausdifferenziert, damit sie einerseits für eine Operationalisierung der Lernziele einzelner Stationen eines Lernzirkels nutzbar sind. Andererseits werden sie in zusätzlichen, weiter ausdifferenzierten Kompetenzspinnen zu den Experimentierphasen Planung, Durchführung und Auswertung erfasst und für die Unterrichtsplanung verwertbar. Die gewählte Darstellung erhebt keinen Anspruch auf eine vollständige Beschreibung experimenteller Kompetenzen und kann bei Bedarf erweitert werden.

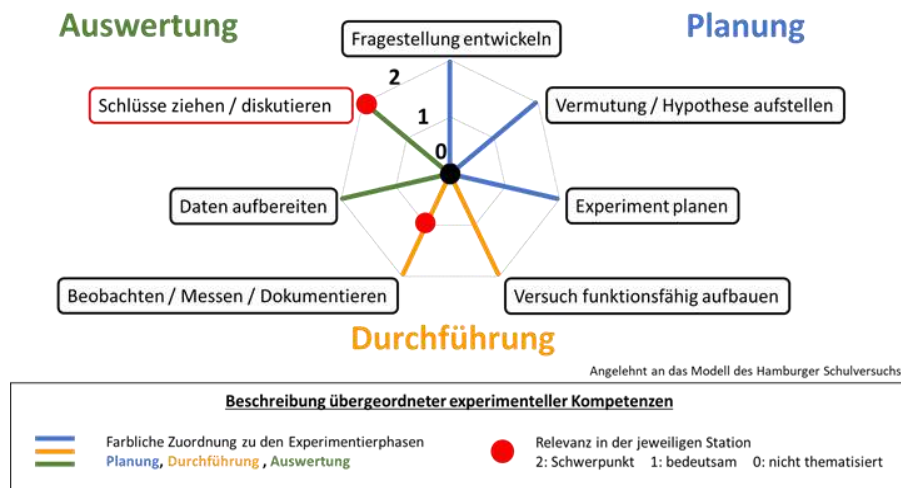


Abbildung 1: Angepasstes Modell übergeordneter Kompetenzen für FLeXKom. Angelehnt an die Kompetenzspinne des Hamburger Schulversuchs sind die experimentellen Kompetenzen in einer übergeordneten Ansicht den drei Experimentierphasen farblich zugeordnet.

Nachfolgend wird der Umgang mit den Kompetenzspinnen in der FLeXKom-Plattform auf zwei Ebenen beschrieben. Jede Station kann in das Modell experimenteller Kompetenzen eingeordnet werden. Dabei wird die Skala des Hamburger Schulversuchs übernommen, um die Stärke der Relevanz auszudrücken (vgl. Nawrath et al., 2011). Das FLeXKom-Modell sieht vor, in der übergeordneten Kompetenzspinne (vgl. Abb. 1) genau für eine experimentelle Kompetenz die Relevanz „Schwerpunkt“ (Stufe zwei) anzugeben. Damit einher geht auch die Fokussierung auf genau eine Experimentierphase. Der Schwerpunkt dient dazu, eine der ausdifferenzierten Kompetenzspinnen zu betrachten, um in detaillierter Weise die geförderte

Kompetenz des Moduls einzuordnen. Im Folgenden wird die Zuordnung für ein Modul beispielhaft dargestellt, welches sich mit der Thematik Messunsicherheiten beschäftigt. Dabei sollen die SuS sensibilisiert werden, dass neben dem Experimentator auch das Messgerät selbst eine Unsicherheit mit in den Versuch bringt. Hierfür messen die Lernenden eine Wassertemperatur mit zwei gleichen Widerstandsthermometern, wobei diese nicht exakt das gleiche Ergebnis liefern. Nach einer kurzen Erläuterung der Angaben in der Bedienungsanleitung über die Genauigkeit des Messgerätes sollen die SuS nun quantitativ die Unsicherheitsintervalle mit Hilfe der zuvor gelieferten Erklärung angeben. Damit lernen die SuS die Unsicherheit der Messgeräte kennen und können diese quantitativ im Ergebnis wiedergeben. Für diese Station stellt - nach der Schwerpunktsetzung „Schlüsse ziehen / diskutieren“ (roter Punkt, Stufe 2) in der Experimentierphase „Auswertung“ - die ausdifferenzierte Kompetenzspinne zur „Auswertung“ den zweiten Schritt in der Einordnung des Moduls dar (vgl. Abb. 2). Dabei werden die übergeordneten Kompetenzen aus dem Hamburger Schulversuch aufgenommen und durch umrahmte Begriffe mit dickeren Linien gekennzeichnet.

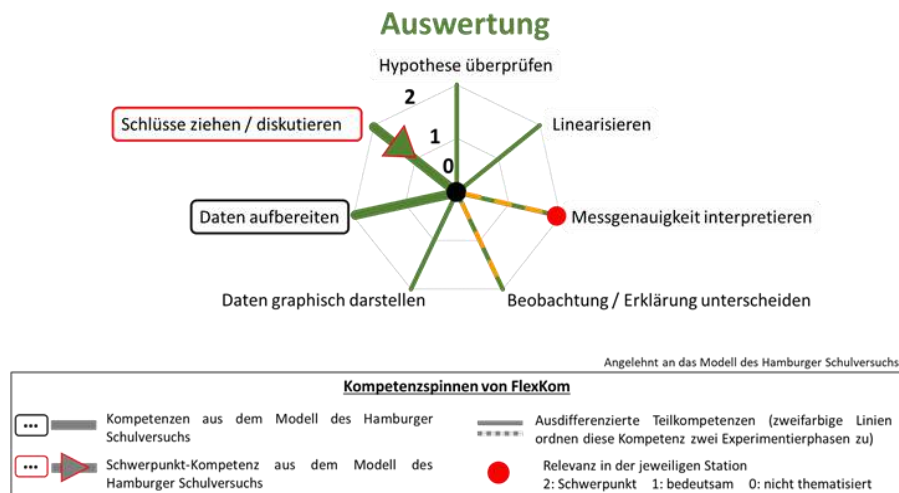


Abbildung 2: Ausdifferenzierte FLexKom-Kompetenzspinne („Auswertung“). Die übergeordneten Kompetenzen aus dem Hamburger Schulversuch sind durch Umrahmung und eine dicke Linie aufgenommen. Rote Umrahmung bedeutet, dass in der übergeordneten Kompetenzspinne für diese Kompetenz die Relevanz zwei (Schwerpunkt) angegeben wurde.

Die Schwerpunkt-Kompetenz wird durch eine rote Umrahmung und durch eine rot umrahmte Pfeilspitze hervorgehoben und die relevante differenzierte Kompetenz durch einen roten Punkt markiert. Konkret bedeutet das für das Beispielmuster in Abb. 2: Ausgehend von dem übergeordneten Kompetenzbereich „Schlüsse ziehen / diskutieren“ (rote Umrahmung und rot eingerahmte Pfeilspitze) soll an dieser Station die Kompetenz „Messgenauigkeit interpretieren“ mit höchster Priorität gefördert werden (roter Punkt, Stufe 2).

Für die anderen beiden Experimentierphasen existieren analog zu verwendende ausdifferenzierte Kompetenzspinnen. Damit stellen die Kompetenzspinnen ein wiederkehrendes Merkmal der Plattform FLexKom und der daraus entstehenden Lernzirkel dar.

Für den Start der Plattform sind zunächst sechs Module entwickelt und erprobt worden, welche die folgenden experimentellen Kompetenzen adressieren: Messunsicherheiten berücksichtigen, Variablenkontrollstrategie nutzen, Messbereich festlegen, Beobachtung & Erklärung unterscheiden sowie Hypothese überprüfen. Die Erprobung der Module erfolgte im Einsatz als Lernzirkel. Die Module können aber auch separat im naturwissenschaftlichen Unterricht den Erwerb von Methodenkompetenz unterstützen.

### Literatur

- Barzel, B., Reinhoffer, B. und Schrenk, M. (2012). „Das Experimentieren im Unterricht“. In: Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht - Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Hrsg. von W. Rieß, M. A. Wirtz, B. Barzel und A. Schulz. Münster: Waxmann Verlag, S. 103–127.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. und Unger, C. (1989). „An experiment is when you try it and see if it works’: A study of grade 7 students understanding of the construction of scientific knowledge“. In: International Journal of Science Education 11 (special issue), S. 514–529.
- Ehmer, M. (Mai 2008). Förderung von kognitiven Fähigkeiten beim Experimentieren im Biologieunterricht der 6. Klasse: Eine Untersuchung zur Wirksamkeit von methodischem, epistemologischem und negativem Wissen.  
[https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation\\_derivate\\_00002469/diss\\_ehmer.pdf](https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00002469/diss_ehmer.pdf).  
 Abgerufen: 10.04.2018.
- Hammann, M. und Mayer, J. (2012). „Was lernen Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren?“ In: Biologie in unserer Zeit 42.5, S. 284–285.
- MSW; Ministerium für Schule und Weiterbildung (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen - Physik.  
[https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene\\_download/gymnasium\\_g8/gym8\\_physik.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/gymnasium_g8/gym8_physik.pdf). Abgerufen: 12.06.2018.
- MSW; Ministerium für Schule und Weiterbildung (2014). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen - Physik.  
[https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp\\_SII/ph/KLP\\_GOSt\\_Physik.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/ph/KLP_GOSt_Physik.pdf)  
 Abgerufen: 12.06.2018.
- Nawrath, D., Maisyenka, V. und Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. Praxis der Naturwissenschaften Physik in der Schule, 60 (6), S. 42–48. München: Aulis Verlag.
- Salinga, C. und Heinke, H. (2016). Symbiose von Forschung, Lehrerbildung und Schulpraxis - Lernzirkel to go. In: Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Tagungsband der GDGP-Jahrestagung 2015 in Berlin, Band 36. Hrsg. Von C. Maurer. Universität Regensburg, S. 65–67.
- Schreiber, N., Theyßen, H. und Schecker, H. (2009). „Experimentelle Kompetenz messen?!“ In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDid) 8.3, S. 92–101.

Philip Timmerman  
Heiko Krabbe

Ruhr-Universität Bochum  
Ruhr-Universität Bochum

## SchriFT II: Messung der Sprach- und Fachkompetenz in Versuchsprotokollen

### Grundlagen

In der Fortsetzung des interdisziplinären BMBF-Verbundprojekts *„Schreiben im Fachunterricht der Sekundarstufe I unter Einbeziehung des Türkischen, SchriFT II“* (2017–2020) der Universität Duisburg-Essen und der Ruhr-Universität Bochum wird untersucht, inwiefern gezieltes Einüben der sprachlich-kognitiven Handlungen BESCHREIBEN, ERKLÄREN und BEGRÜNDEN in Textsorten (z. B. im Versuchsprotokoll des Physikunterrichts), eine fächerübergreifende Koordination der Sprachförderung in den Fächern Geschichte, Physik, Politik und Technik mit dem Deutsch- und türkischem Herkunftssprachenunterricht ermöglicht.

Dazu ist eine Intervention im Prä-, Post-, Follow-Up-Design zur Sprachförderung im Physikunterricht gemäß eines textsorten-basierten Lehr-Lern-Modells („Genre-Cycle“) (Rothery 1994, 1996; Rose, 2010; Rose & Martin, 2012) zur Textsorte „Versuchsprotokoll“ mit Fokus auf die sprachlich-kognitiven Handlungen BESCHREIBEN, ERKLÄREN und BEGRÜNDEN geplant. Zur Messung der fachlichen und sprachlichen Fähigkeiten wird u. a. eine Weiterentwicklung der Schreibaufgabe für die Jahrgangsstufe 8 an Gesamtschulen in NRW zur Textsorte „Versuchsprotokoll“ aus SchriFT I (2014–2017) eingesetzt (Boubakri et al., 2016). Dabei besteht die Herausforderung darin, zwei möglichst analoge Schreibaufgaben für den Prä- bzw. Post-Test zu entwickeln und miteinander zu verankern. Hier wird die Pilotierung der Schreibaufgaben vorgestellt.

#### *Zur Textsorte des „Versuchsprotokolls“*

Die Textsorte Versuchsprotokoll ist immer nach einem ähnlichen Schema aufgebaut: Fragestellung, Auflistung der Materialien, BESCHREIBUNG der Durchführung und Messdaten sowie die ERKLÄRUNG und BEGRÜNDUNG der Auswertung. Das Verständnis wird durch Adressatenorientierung, den Einsatz eines Fachwortschatzes sowie die spezifische Gliederung gesichert (Nawrath et al., 2011; Emden & Sumfleth, 2012; Krabbe, 2015). Aus der Perspektive der Physikdidaktik ist folgende Definition und Unterscheidung der sprachlich-kognitiven Handlungen BESCHREIBEN, ERKLÄREN und BEGRÜNDEN möglich (siehe Beitrag von „Krabbe, Boubakri & Timmerman: *BESCHREIBEN, ERKLÄREN und BEGRÜNDEN im Physikunterricht*“ in diesem Band):

- BESCHREIBEN: Konditionale oder temporale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen, Phänomenen usw. werden dargestellt. *„Die Lampe leuchtet, wenn man den Schalter schließt.“*
- ERKLÄREN: Ein Phänomen liegt vor und wird durch die Anwendung bekannter Gesetze/Regeln/kausaler Zusammenhänge erklärt. *„Die Lampe leuchtet, weil Eisen Strom leitet.“*
- BEGRÜNDEN: Ein(e) Gesetz/Regel/kausaler Zusammenhang wird allgemein behauptet und mit Argumenten (z. B. empirischen Daten) plausibel gemacht. *„Eisen leitet Strom, weil die Lampe leuchtet.“*

### Testentwicklung und Aufgabenstellungen

Die Schreibaufgabe im Prä-Test bezieht sich auf den Versuch zur elektrischen Leitfähigkeit (LF) aus SchriFT I. Für den Post-Test wurde eine strukturgleiche Schreibaufgabe für einen Versuch zum Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters, d. h. zum Elektromagnetismus (EM, „Oerstedt-Versuch“) erstellt. Die Aufgabenstellung der Schreibaufgaben orientiert sich

an der oben dargestellten schematischen Struktur eines Versuchsprotokolls. Bezogen auf die drei sprachlich-kognitiven Handlungen sind folgende Aufgabenstellungen in beiden Testheften einheitlich enthalten:

- Durchführung: BESCHREIBE anhand der Bilder die einzelnen Schritte des Experiments genau so, dass jemand, der das Video nicht gesehen hat, diesen Versuch selbstständig durchführen kann.
- Beobachtung: BESCHREIBE in einem zusammenhängenden Text die Ergebnisse, die in der Tabelle dargestellt sind.

Als Ergänzung zur typischen Gliederung eines Versuchsprotokolls wurden die in Tab. 1 dargestellten zusätzlichen Begründe- und Erkläre-Aufgaben in die Testhefte übernommen.

|                                                                                                                                         | Testheft Prä-Test (alt):<br>Leitfähigkeit (LF)                                                                 | Testheft Post-Test (neu):<br>Elektromagnetismus (EM)                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>BEGRÜNDEN</b><br><i>Welche der beiden Aussagen hältst du für richtig? Begründe ausführlich und mit Hilfe des Versuchsprotokolls.</i> | 1) Nur Metalle leiten den Strom!<br>2) Metalle leiten immer den Strom!                                         | 1) Ein elektrischer Strom erzeugt immer ein Magnetfeld!<br>2) Nur elektrischer Strom erzeugt ein Magnetfeld! |
| <b>ERKLÄREN</b><br><i>Erkläre ausführlich.</i>                                                                                          | Warum verwendet ein Elektriker bei seinen Arbeiten immer einen Schraubendreher mit Kunststoff- oder Holzgriff? | Warum kann man mit einem Elektromagneten Eisenteile anheben und ablegen?                                     |

Tab. 1: Aufgabenstellung der zusätzlichen Begründe- und Erkläre-Aufgaben in den beiden Schreibaufgaben.

### Pilotierung und Auswertung

Die Pilotierung der Schreibaufgaben erfolgte Anfang Juli 2018 in vier Klassen der Jahrgangstufe 8 einer Realschule im Ruhrgebiet (NRW). Alle SuS ( $N = 90$ ) haben beide Schreibaufgaben nacheinander bearbeitet. Vor der jeweiligen Schreibaufgabe wurden die Versuche je zweimal per Video gezeigt. Beim jeweils zweiten Abspielen der Videos durften die SuS auf den dafür vorbereiteten Seiten der Testhefte Notizen dazu anfertigen.

Die Kodierung der Schülertexte erfolgte einerseits getrennt nach Kategoriensystemen (auf Grundlage der erweiterten Kategoriensysteme aus SchriFT I) mit 24 sprachlichen und 20 fachlichen Kategorien im Fach Physik und andererseits jeweils durch zwei Kodierende parallel zu allen Kategorien und allen Testaufgaben. In den Kategorien wurden entweder Punkte von 0 (nicht vorhanden) bis 2 (vollständig korrekt) vergeben oder die Anzahl korrekt genannter Elemente ausgezählt. Mit den kodierten Kategorien wurde ein Partial-Credit-Modell (Moosbrugger & Kelava, 2012) gerechnet. Die nachfolgende Tab. 2 stellt die Anzahl der sprachlichen bzw. fachlichen Kategorien zu den sprachlich-kognitiven Handlungen und die Intercoderübereinstimmungen überblicksartig dar.

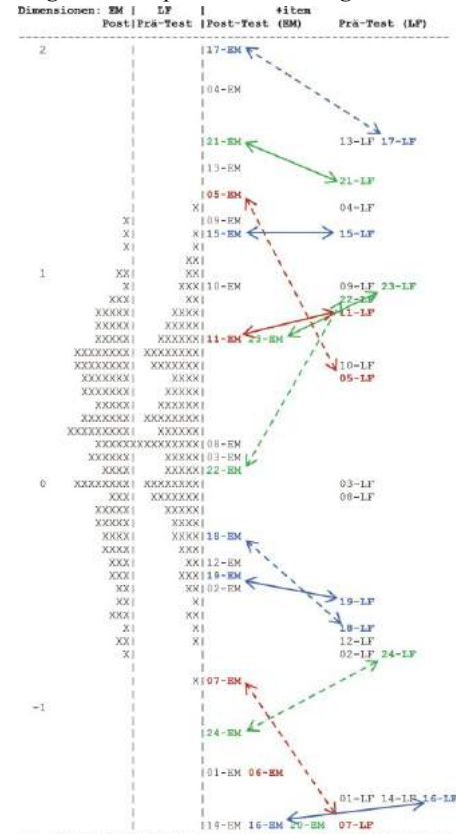
| Sprachliche Handlung |                     | Kategoriensystem Sprache |                              |      | Kategoriensystem Fach |                              |        |
|----------------------|---------------------|--------------------------|------------------------------|------|-----------------------|------------------------------|--------|
|                      |                     | Anzahl Kategorien        | Ø Intercoder-übereinstimmung |      | Anzahl Kategorien     | Ø Intercoder-übereinstimmung |        |
|                      |                     |                          | LF                           | EM   |                       | LF                           | EM     |
| BE-SCHREIBEN         | Durchführung        | 3                        | 0,97                         | 1,00 | 2                     | 0,85                         | 1,00   |
|                      | Tabelle/Beobachtung | 1                        | 0,85                         | 0,70 | (2)                   | (0,70)                       | (0,65) |
| ERKLÄREN             |                     | 5                        | 0,99                         | 0,97 | 2                     | 0,98                         | 0,98   |
| BEGRÜNDEN            |                     | 5                        | 0,93                         | 0,97 | 6                     | 0,99                         | 0,99   |

Tab. 2.: Übersicht Kategorien (Auszug) und dazu ermittelte Intercoderübereinstimmungen der Pilotierungsergebnisse.

In Abb. 1 sind die „Schwierigkeiten“ der durchnummerierten Kategorien im Prä-Test zur Leitfähigkeit (LF) den entsprechenden Kategorien im Post-Test zum Elektromagnetismus

(EM) gegenübergestellt. Die Zuordnungen der Kategorien zu den sprachlich-kognitiven Handlungen BESCHREIBEN, ERKLÄREN und BEGRÜNDEN sind farblich markiert.

#### Vergleich der sprachlichen Kategorien:



#### Vergleich der fachlichen Kategorien:

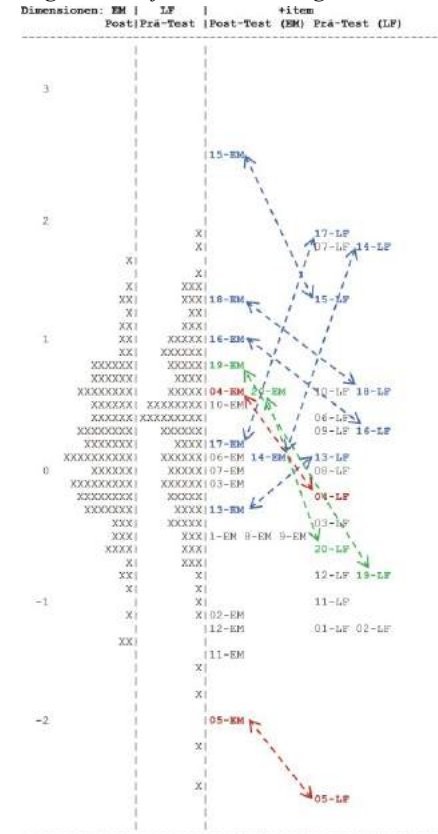


Abb. 1: Wright-Maps (ConQuest 2.0®) zur Auswertung der sprachlichen Kategorien (links) und fachlichen Kategorien (rechts) beider Schreibaufgaben (Leitfähigkeit, LF & Elektromagnetismus, EM).  
Legende: Kategorien aus dem Bereich **BESCHREIBEN**, **ERKLÄREN**, **BEGRÜNDEN** sowie „sonstige“.

Während sich bei etlichen sprachlichen Kategorien kaum Veränderung hinsichtlich Anordnung und Schwierigkeit zwischen den korrespondierenden Kategorien im Prä- und Post-Test zeigen (durchgezogene Pfeile) findet man bei den fachlichen Kategorien stets deutliche Verschiebungen (gestrichelte Pfeile). Eine Verankerung der Schreibaufgaben im Prä- und Post-Test scheint also für die sprachlichen Kategorien möglich, aber nicht für die fachlichen Kategorien. Eine DIF-Analyse (Döring & Bortz, 2016, S. 449) der Kategorien, die hierüber einen genaueren Aufschluss bringt, steht noch aus.

#### Fazit und Ausblick

Die Schreibaufgaben eignen sich anscheinend zur Messung der Entwicklung der Sprachkompetenz im Prä- und Post-Test, jedoch nicht zur Messung der Entwicklung der Fachkompetenz. Letzteres war angesichts der unterschiedlichen physikalischen Inhalte auch nicht unbedingt zu erwarten. Für die Messung der Entwicklung der Fachkompetenz muss zusätzlich ein Fachwissentest eingesetzt werden, der sich auf die Inhalte der Intervention bezieht.

### Literatur

- Boubakri, C., Krabbe, H., & Fischer, H. E. (2016). Sprachkompetenz im Versuchsprotokoll: Erste Ergebnisse aus der Pilotierung im Projekt SchriFT. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 205). Universität Regensburg.
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. 5. Auflage. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Emden, M., & Sumfleth, E. (2012). Prozessorientierte Leistungsbewertung. Zur Eignung einer Protokollmethode für die Bewertung von Experimentierprozessen. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 65(2), 68–75.
- Krabbe, H. (2015). Das Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte im Physikunterricht. In: S. Schmölzer-Eibinger, & E. Thürmann (Hrsg.), *Schreiben als Lernen. Kompetenzentwicklung durch Schreiben*. Münster: Waxmann.
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (Hrsg.). (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. 2. Auflage. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Nawrath, D., Maisyenko, V., & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. In: *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 60(6), 42–49.
- Rose, D. (2010). Genre in the Sydney School. In: J. P. Gee, & M. Handford (eds.), *The Routledge handbook of discourse analysis*. London: Routledge.
- Rose, D., & Martin, J. R. (2012). *Learning to write, reading to learn: Genre, knowledge and pedagogy in the Sydney school*. Sheffield: Equinox.
- Rothery, J. (1994). *Exploring literacy in school English (Write it right resources for literacy and learning) Metropolitan East Disadvantaged Schools Program*. Sydney.
- Rothery, J. (1996). Making changes: Developing an educational linguistics. In: R. Hasan, & G. Williams (Eds.), *Literacy in society* (pp. 86–123). London: Longman.

**Weitere Informationen zum Projekt „SchriFT II“ auf der Projekt-Homepage:**  
<https://www.uni-due.de/SCHRIFT/>

## Kombination von mathematischer Modellbildung mit Videoanalyse

### Motivation

Die Inhalte der Mechanik sind in der Lebenswelt der Schüler verortet, wodurch diese bereits mit einigen Präkonzepten in den Unterricht kommen. Diese Präkonzepte sind sehr hartnäckig und es hat sich gezeigt, dass im Mechanikunterricht oft kein angemessenes Konzept der Newton'schen Mechanik erworben wird. Dieses Problem ist nicht neu und auch der Ansatz, mathematische Modellbildung zu nutzen, um das Verständnis zu unterstützen, wurde bereits verfolgt und evaluiert (Wilhelm, 2005 & 2018). Da sich die aktuell verfügbare Software aber deutlich von der bereits untersuchten unterscheidet, ist es lohnenswert die Zweckmäßigkeit dieser erneut zu bewerten. Mittlerweile gibt es recht unterschiedliche Softwareprogramme für die mathematische Modellbildung (Ludwig & Wilhelm, 2013; Lück, Wilhelm, 2011).

Mathematische Modellbildung im Mechanikunterricht soll dazu dienen, den Schülerinnen und Schülern die Mathematik abzunehmen, die diese benötigen, um eine Lösung der Newton'schen Bewegungsgleichung zu erhalten. Es ist damit eine größere Zahl an Phänomenen im Unterricht behandelbar (Bethge & Schecker, 1990), da geschwindigkeitsabhängige Terme zu in der Schule unlösbaren Differentialgleichungen führen. Weiterhin ergibt sich dadurch die Möglichkeit einer intensiveren Fokussierung auf die wirkenden Kräfte und die physikalischen Struktur eines Bewegungsphänomens (Bethge & Schecker, 1990). Reibungseinflüsse können thematisiert werden, wodurch es möglich wird, echte Bewegungen aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler zu untersuchen. Dies kann verhindern, dass Schülerinnen und Schüler eine Kluft zwischen der in der Schule erzeugten Laborwelt und ihrer erfahrenen Realität wahrnehmen, was durch schultypische Idealisierungen hervorgerufen werden kann (Wilhelm, 2005).

Um eine authentische Behandlung von Alltagsphänomenen aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler vollständig zu gewährleisten, fehlt der mathematischen Modellbildung aber der direkte Vergleich mit der Realität. Diesen Vergleich kann die Videoanalyse herstellen, welche Messdaten liefert, die zur Evaluation und Anpassung einer erfolgten Modellierung dienen können. So ist es möglich, quantitative Aussagen über Einflussparameter, wie etwa Reibung, zu treffen (Wilhelm, Geßner, Suleder & Heuer, 2003; Weber & Wilhelm, 2018). Dadurch erfolgt ein stetiger Wechsel zwischen Theorie- und Experimentierebene und Lernende erhalten einen Einblick in wissenschaftliche Vorgehensweisen (Sander, 2000).

### Aktuelle Forschungslage

Schecker et al. arbeiteten in dem Modellversuch CPU (Computereinsatz im Physikunterricht) heraus, dass computergestützte Modellbildung zur Ausbildung physikalischer Kompetenz im Bereich Kräfte und Bewegungen beitragen könnte (Schecker, Bethge & Niedderer, 1992). Außerdem bietet die Modellbildung das Potenzial eines schülerorientierten Unterrichts. Die DFG-Studie (Schecker, Klieme, Niedderer, Ebach & Gerdes, 1999) konnte zeigen, dass die Argumentationsmuster der Newton'schen Mechanik auch in mechanischen Situationen ohne Modellbildung genutzt wurden. Die positiven Effekte der Modellbildung konnten aber nicht in dem Maße nachgewiesen werden, wie erhofft.

Sander kam zu dem Schluss, dass eine Auseinandersetzung mit den begrifflichen Grundlagen der Versuche im Praktikum gefördert wird. (Sander, 2000 und Sander, Schecker & Niedderer, 2001). Er arbeitete heraus, dass die Modellbildung sich gut als intelligentes Üben eignet, für die Entwicklung neuen begrifflichen Wissens aber ungeeignet ist. Wechselwir-



kungen zwischen Experimentier- und Modellebene wurden nur eingeschränkt angeregt, wobei ein Erklärungsansatz dafür ist, dass Messdaten und berechnete Daten auf separaten Bildschirmen verglichen werden mussten, was einen oberflächlichen Vergleich begünstigt. Es stellte sich aber auch heraus, dass in Einzelfällen Probleme mit dem Programm (STELLA) auftraten.

Wilhelm konnte zeigen, dass Schülerinnen und Schüler nach einem Mechanikunterricht mit Modellbildung eher der Meinung sind, Physik habe etwas mit der Realität zu tun (Wilhelm, 2005). Die untersuchten Concept Maps zeigten deutlich, dass das strukturelle Wissen ebenfalls zugenommen hatte.

Es gibt also Hinweise, dass der Einsatz von mathematischer Modellbildungssoftware das Verständnis der Newton'schen Mechanik verbessern und zu einem interessanten und schülerorientierten Unterricht führen kann, in dem wissenschaftliche Vorgehensweisen betont werden. Diese Ergebnisse liegen aber nicht für aktuelle Software vor, beziehen sich ausschließlich auf Modellbildungsprogramme mit graphischer Oberfläche und liefern keine Aussage über den Vergleich mit Realdaten in einer einzigen Programmoberfläche.

### Durchgeführte Untersuchung

Die hier vorgestellte Studie untersuchte gängige Versuche in der Mechanik darauf, inwieweit diese mit aktueller Software für den Vergleich von mathematischer Modellbildung mit Videoanalysedaten geeignet sind. Dabei wird untersucht, welche Programme sinnvoll einsetzbar sind, welche Versuche sich eignen und wie ein didaktisch sinnvoller Ablauf (Abb. 1) bei einer solchen Modellierung aussehen könnte.

Dazu wurde stets ein Experiment aus verschiedenen Bereichen der Mechanik geplant und dieses durchgeführt und gefilmt. Nach der Durchführung wurden Hypothesen aufgestellt, welche Kräfte auf das Objekt wirken könnten. Diese Hypothesen wurden in Form von Kräften in ein Modellbildungsprogramm implementiert und die Lösung simuliert. Der Nutzer erhält daraufhin unmittelbar eine diagrammbasierte Rückmeldung und kann die aufgestellten Hypothesen evaluieren und anpassen. Dieser Vorgang kann durchgeführt werden, bis die Struktur der Bewegung den Vorstellungen entspricht. Nach Auswertung der Videoanalyse können die erhobenen Daten als direkter Vergleich zu der modellierten Bewegung herangezogen werden, wodurch eine weitere Evaluation und Anpassung erfolgt. Dies erfolgt, bis die modellierte Bewegung mit der real gemessenen Bewegung übereinstimmt. Je komplexer die Bewegungsgleichung ist und je mehr Einflussfaktoren vorhanden sind, umso eher bietet es sich an, das Experiment erneut mit minimal veränderten Parametern (Masse, Federkonstante o. ä.) durchzuführen, um die Richtigkeit der Struktur des aufgestellten Modells zu überprüfen.

Da die Durchführbarkeit im Unterricht stark von der Wahl der Programme abhängt, wurden alle Experimente mit Tracker, Coach 6 Studio MV und der Kombination von measure dynamics (Videoanalyse) und Newton-II (math. Modellbildung) durchgeführt, wodurch die Programme miteinander verglichen und bewertet werden konnten (Weber, 2018).

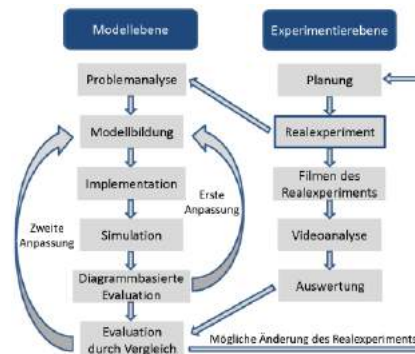


Abbildung 1: Modellebene adaptiert nach Berger (2006), ergänzt durch Experimentierebene

### Ergebnisse

Es konnten alle ausgewählten Bewegungen, worunter auch Schwingungen, ein- und zweidimensional beschleunigte Bewegungen und Stoßprozesse waren, gut modelliert werden (Weber, 2018), was für Schülerinnen und Schüler verdeutlichen soll, dass Bewegungen unserer Lebenswelt mit der Newton'schen Mechanik beschreibbar sind. Es wurden realistische Werte für Luftwiderstandsbeiwerte oder Rollreibungskoeffizienten gefunden. Schnell ablaufende Stoßprozesse sind jedoch kaum realistisch modellierbar, da die Bodenkontaktzeiten und Federsteifigkeiten der Kugeln schwer einzuschätzen sind. Die bei der Videoanalyse berechneten Beschleunigungen (siehe Abb. 2) sind in der Regel nur qualitativ zu nutzen. Die Programme haben dabei alle ihren Zweck erfüllt und sind einfacher zu bedienen als die in älteren Studien untersuchte Software. Die Kombination aus *measure dynamics* und *Newton-II* zeichnet sich vor allem durch die Qualität und Einfachheit der einzelnen Programme aus, hat aber den Nachteil, dass zwei Programme benötigt werden und der manuelle Transfer der Daten nötig ist. Bei *Tracker* fällt dieser Transfer weg und die modellierte Bewegung wird direkt im Video abgespielt, was einen Vergleich erlaubt, der nicht auf Diagramme beschränkt bleibt. Dennoch ist *Tracker* unübersichtlicher und weniger intuitiv. Zudem ist es eingeschränkt, da es unmöglich ist, eine weg- oder zeitabhängige Masse zu modellieren. Bei *Coach 6 Studio MV* handelt es sich um ein graphisches Modellbildungsprogramm, was sich dadurch von den anderen Programmen unterscheidet. Es ist gut geeignet, um die Zusammenhänge zwischen Kräften, Beschleunigung, Geschwindigkeit und Ort deutlicher zu betonen, ist im sonstigen Funktionsumfang aber limitierter als die Konkurrenten. Zudem ist die graphische Modellbildung vor allem dann unpraktisch, wenn zwei- oder dreidimensionale Bewegungen modelliert werden, da für jede Variable eine eigene Newtonmaschine erzeugt werden muss und die Struktur dann schnell unübersichtlich wird.

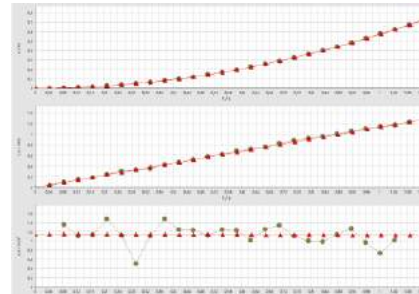


Abbildung 2: Beispiel eines beschleunigten Wagens in *measure Dynamics*.  
grüne Punkte: Gemessene Werte,  
rote Dreiecke: berechnete Werte.

### Ausblick

Ob es gelingt, die formulierten Ziele zu erreichen, soll in einem aufbauenden empirischen Forschungsvorhaben untersucht werden. Dabei soll es darum gehen, inwieweit sich das Fachwissen, das Interesse und die Einstellung zur Natur der Naturwissenschaften verändern, wenn mathematische Modellbildung in einem Mechanikunterricht eingesetzt wird. Dabei stehen folgende Fragen im Fokus:

- Kann mathematische Modellbildung das Verständnis Newton'scher Mechanik stärker verbessern als andere Arten von Computereinsatz?
- Führt der Einsatz von mathematischer Modellbildung zu einem anderen Wissenschaftsverständnis oder Interesse?
- Welche Schwierigkeiten treten bei der eigenständigen Nutzung der Programme auf? Sind diese überwindbar oder stehen sie in einem nicht angemessenen Verhältnis zum Ertrag?

Dazu wird eine Interventionsstudie entwickelt und mit Lernenden der zehnten bzw. elften Jahrgangsstufe aus hessischen Gymnasien durchgeführt. Die Treatmentgruppe wird eine Intervention durchführen, die die mathematische Modellbildung fokussiert, während die Kontrollgruppe den PC in anderer Weise einsetzen wird, z. B. die Videoanalyse. Um den Lernerfolg zu messen, werden Prä- und Posttests zu den Themen Fachwissen, Interesse und der Natur der Naturwissenschaften gemacht und einzelne Interviews zum Umgang mit den Programmen geführt.

### Literatur

- Berger, V. (2006). Mit dem Computer unterrichten. In: Mikelskis, F. Physikdidaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, Cornelsen-Verlag, Berlin, S. 142
- Bethge, T. & Schecker, H. (1990). Software-Werkzeuge zur Modellbildung im Physikunterricht, Konzepte und Erfahrungen, Institut für Didaktik der Physik, Bremen, S.48
- Ludwig, J. & Wilhelm, T. (2013). Mathematisches Modellieren mit Modellus 4. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 62, Nr. 2, S. 30 - 36
- Lück, S. & Wilhelm, T. (2011). Modellierung physikalischer Vorgänge am Computer. Modellbildungssysteme als Unterstützung zum Verständnis physikalischer Strukturen. In: Unterricht Physik 22, Heft 122, 2011, S. 26 - 31
- Sander, F. (2000). Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum, Studien zum Physiklernen, Band 13, Logos-Verlag, Berlin
- Sander, F., Schecker, H. & Niedderer, H. (2001). Wirkungen des Einsatzes grafikorientierter Modellbildung im physikalischen Praktikum – In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 7
- Schecker, H., Bethge, T. & Niedderer, H. (1992). Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs CPU – Abschlußbericht Band IV, Institut für Didaktik der Physik Bremen
- Schecker, H., Klieme, E., Niedderer, H., Ebach, J., Gerdes, J. (1999). Physiklernen mit Modellbildungssystemen. Förderung physikalischer Kompetenz und systemischen Denkens durch computergestützte Modellbildungssysteme, Abschlussbericht zum DFG-Projekt, Institut für Didaktik der Physik an der Universität Bremen und Max-Planck-Institut für Bildungsforschung Berlin
- Weber, J. & Wilhelm, T. (2018). Modellbildung und Videoanalyse. In: Plus Lucis, 2018
- Wilhelm, T. (2005). Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 46, Logos-Verlag, Berlin
- Wilhelm, T. (2018). Zur Geschichte der mathematischen Modellbildung im Physikunterricht. In: Plus Lucis, 2018
- Wilhelm, T., Geßner, T., Suleder, M. & Heuer, D. (2003). Sportaktivitäten vielseitig analysieren und modellieren – Videos und Messdaten multimedial aufbereitet. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 52, Nr. 2, S. 12

Veronika Bille<sup>1</sup>  
 Ines Komor<sup>1</sup>  
 Helena van Vorst<sup>1</sup>  
 Maria Opfermann<sup>2</sup>  
 Julian Roelle<sup>2</sup>  
 Stefan Rumann<sup>1</sup>  
 Elke Sumfleth<sup>1</sup>  
 Eckart Hasselbrink<sup>1</sup>  
 Carsten Schmuck<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Ruhruniversität Bochum

### Förderung des visuellen Modellverständnisses in Chemiestudiengängen

#### Theoretischer Hintergrund

Die Chemie ist eine visuelle Wissenschaft mit vielfältigen Repräsentationsformen, wie z.B. Gleichungssystemen und Kugelstabmodellen (Hoffmann & Laszlo, 1991; Wu & Shah, 2004). Sie bedient sich also visuellen Modellen, die von Lernenden verstanden werden müssen. Visuelles Modellverständnis wird als „Fähigkeit von Lernenden, unter der Berücksichtigung von domänenspezifischen Eigenheiten, relevante Informationen aus den unterschiedlichen Visualisierungen herauszufiltern, zu übersetzen und aufeinander zu beziehen“ definiert (Dickmann, Opfermann & Rumann, 2017, S. 68). Im Allgemeinen kann zwischen ikonischen und symbolisch-mathematischen Repräsentationen unterschieden werden (vgl. z. B. Schnotz, 2005). Ikonische Visualisierungen besitzen einen strukturellen Abbildungscharakter eines Referenzobjektes oder einer Theorie. Das heißt, dass sie beispielsweise die räumliche Struktur eines Moleküls unter Vernachlässigung anderer Eigenschaften wiedergeben. Ein Beispiel für eine ikonische Visualisierung ist das Kugelstab-Modell eines 2-Chlor-3-Butanol-Moleküls (siehe Abb. 1), welches die räumliche Anordnung sowie die Bindungsverhältnisse wiedergibt.



Abb. 1: Kugelstab-Modell eines 2-Chlor-3-Butanol-Moleküls.

Im Gegensatz dazu weisen symbolisch-mathematische Repräsentationen keine strukturelle Ähnlichkeit zum Referenzobjekt auf wie Tabellen Diagramme und Gleichungen. Bei Gleichungen wie dem idealen Gasgesetz (siehe Abb. 2) geht es nicht um irgendeine Form der räumlichen Anordnung.

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Abb. 2: Ideale Gasgleichung gemäß dem idealen Gasgesetz.

Eine Lehrbuchanalyse zeigt, dass in der Organischen Chemie viele ikonische Abbildungen zur räumlich-strukturellen Darstellung von Molekülen verwendet werden, während in Lehrbüchern der Physikalischen Chemie vor allem symbolisch-mathematische

Gleichungssysteme zur Quantifizierung chemischer Vorgänge vorkommen (Dickmann et al., 2016). Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass visuelles Modellverständnis prädiktiv für den Studienerfolg von Chemiestudierenden im ersten Studienjahr ist (Dickmann, Opfermann & Rumann, 2017). Dem gegenüber steht jedoch, dass viele Studierende Schwierigkeiten beim Erlernen des Umgangs mit Visualisierungen haben (Wu, Krajcik, & Soloway, 2001). Vor allem in der Eingangsphase von Chemiestudiengängen fehlt den Studierenden oft ein hinreichendes Modellverständnis: Es liegt ein sogenanntes *Repräsentationsdilemma* vor (Rau, 2016). Für den Umgang mit ikonischen Modellen bedeutet dies, dass Lernende Inhalte, die sie noch nicht hinreichend verstanden haben, aus Visualisierungen lernen, mit denen sie noch nicht vollständig vertraut sind. Bezogen auf symbolisch-mathematische Modelle sind Studierende häufig nicht in der Lage, chemische Sachverhalte zu mathematisieren, also Sachverhalte mit Hilfe von Formeln auszudrücken (Kimpel, 2017).

Aus der Diskrepanz zwischen erforderlichen und tatsächlich vorhandenen Fähigkeiten der Studierenden ergibt sich die Notwendigkeit, sowohl ikonisches als auch symbolisch-mathematisches Modellverständnis explizit zu fördern. Dabei eignet sich gerade in frühen Lernphasen neuer Inhalte das Lernen mit Lösungsbeispielen (*worked examples principle*, Mayer, 2014). Lösungsbeispiele können zum Aufbau kognitiver Schemata sowie zur Verbesserung von Problemlösefähigkeiten genutzt werden und wurden auch in der Chemie schon vielfach erfolgreich eingesetzt (Kölbach, 2011; Koenen, Kölbach, Emden & Sumfleth, 2014; Roelle, Hiller, Berthold & Rumann, 2017). Auf eine allgemeine Einführung in die zu lernende Thematik (z. B. Konventionen von visuellen Modellen) folgen mehrere ausgearbeitete Beispiele, in denen die Lerninhalte kleinschrittig erklärt werden. Besonders lernförderlich ist es, die Anzahl der ausgearbeiteten Lösungsschritte schrittweise zu reduzieren (*Fading*), um Lernenden ein zunehmend selbstständigeres Arbeiten und Problemlösen zu ermöglichen (Eysink et al., 2009).

### Forschungsfragen

Vor diesem Hintergrund sollen im Rahmen des vorliegenden Projekts die Studienleistungen von Studierenden in den Fächern Organische und Physikalische Chemie durch den Einsatz eines geeigneten Trainings mit beispielbasierten Selbstlernmaterialien verbessert werden. Die zugehörigen Forschungsfragen lauten:

FF1: Lässt sich das ikonische beziehungsweise symbolisch-mathematischen Modellverständnisses mit Hilfe eines beispielbasierten Trainings fördern?

FF2: Führt das Training zur Förderung des jeweiligen Modellverständnisses zu einem erhöhten Studienerfolg in den Teildisziplinen Organische Chemie und Physikalische Chemie?

### Studiendesign

Die Untersuchung der Forschungsfragen soll in zwei nacheinander durchgeführten Experimenten erfolgen. Im Rahmen des Projektes werden dazu Trainings zur Förderung des ikonischen und symbolisch-mathematischen Modellverständnisses entwickelt. In den Trainings werden beispielbasierte Lernaufgaben eingesetzt, welche die einzelnen Lösungsschritte eines Problems skizzieren. Der Einfluss der Trainings auf den Studienerfolg wird mit Hilfe von standardisierten Fachtests (Averbeck, in Vorbereitung; Dickmann, in Vorbereitung) erhoben. Des Weiteren soll die Effektivität des Trainings durch Diagnoseinstrumente zur Erfassung des ikonischen und des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses überprüft werden.

In einem ersten Schritt wird das entwickelte Testinstrument in einer Pilotstudie evaluiert. Basierend auf den Ergebnissen wird das Testinstrument anschließend optimiert und im folgenden Experiment I im Sommersemester 2019 in einem prä-post-Kontrollgruppen-Design eingesetzt. Dabei werden die beispielbasierten Selbstlernmaterialien sowie die Tests zum jeweiligen Modellverständnis unter labornahen Bedingungen evaluiert. Als Stichprobe dient

dabei die Gesamtkohorte des zweiten Fachsemesters der Chemie- und Water-Science-Studierenden an der Universität Duisburg-Essen im Sommersemester 2019 (N = 120). Im Rahmen von Experiment I werden die Studierenden drei verschiedenen Bedingungen randomisiert zugewiesen (siehe Tabelle 1). Die beiden Experimentalgruppen umfassen jeweils entweder das Training zur Förderung des ikonischen (Bedingung 1) oder des symbolisch-mathematischen (Bedingung 2) Modellverständnisses. Die Kontrollgruppe erhält ein Training zur allgemeinen Förderung von Präsentationstechniken (Bedingung 3).

*Tabelle 1: Studiendesign Experiment I.*

|                                |                                                          |                                           |                                                     |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1. Woche                       | <b>Prä-Test</b>                                          |                                           |                                                     |
| 2. und 3. Woche<br>(je 90 min) | Training zum symbolisch-mathematischen Modellverständnis | Training zum ikonischen Modellverständnis | Training zu Präsentationstechniken (Kontrollgruppe) |
| 4. Woche                       | <b>Post-Test 1</b>                                       |                                           |                                                     |
| 13. Woche                      | <b>Post-Test 2</b>                                       |                                           |                                                     |

Experiment II wird mit der Gesamtkohorte der Chemie- und Water-Science-Studierenden des zweiten Fachsemesters im Sommersemester 2020 (N = 120) in einem Switching-Replications-Design durchgeführt. Hier gibt es nur noch zwei Bedingungen, zu welchen die Studierenden randomisiert zugewiesen werden (siehe Tabelle 2). Die beiden Bedingungen unterscheiden sich lediglich hinsichtlich der Reihenfolge, in der die Trainings zum symbolisch-mathematischen bzw. ikonischen Modellverständnis umgesetzt werden.

*Tabelle 2: Studiendesign Experiment II.*

|                                 |                                                          |                                                          |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1. Woche                        | <b>Prä-Test</b>                                          |                                                          |
| 2. bis 6. Woche<br>(je 90 min)  | Training zum symbolisch-mathematischen Modellverständnis | Training zum ikonischen Modellverständnis                |
| 7. Woche                        | <b>Post-Test 1</b>                                       |                                                          |
| 8. bis 12. Woche<br>(je 90 min) | Training zum ikonischen Modellverständnis                | Training zum symbolisch-mathematischen Modellverständnis |
| 13. Woche                       | <b>Post-Test 2</b>                                       |                                                          |

Im Rahmen von Experiment II werden die Trainings aus Experiment I aufgegriffen und inhaltlich erweitert, sodass ein konzeptueller Replikationsversuch der zentralen Befunde aus Experiment I realisiert werden soll. Weiterhin können durch das Switching-Replications-Design neben Effekten der Trainings auf das Modellverständnis mögliche Reihenfolgeeffekte der Trainings betrachtet und somit begründete Entscheidungen hinsichtlich der Reihenfolge von deren Implementation in die universitäre Lehre im Studienfach Chemie getroffen werden. Auch in Experiment II sind Effekte der einzelnen Trainings auf das ikonische bzw. symbolisch-mathematische Modellverständnis untersuchbar, da zum Messzeitpunkt Post-Test 1 beide Trainings, wechselseitig als Werte-Kontrollgruppe fungieren.

### **Erwartete Ergebnisse**

Insgesamt wird erwartet, dass die beispielbasierten Trainings das ikonische und symbolisch-mathematische Modellverständnis und somit auch die Studienleistungen in der Organischen und Physikalischen Chemie fördern.

## Literatur

- Atkins, P. W. & de Paula, J. (2010). *Physikalische Chemie* (5., vollständig überarbeitete Auflage). Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH.
- Averbeck, D. (in Vorbereitung). Essen: Universität Duisburg-Essen
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities. A survey of factor-analytic studies*. Cambridge: Cambridge University Press. ♦ Dickmann, T., Opfermann, M. & Rumann, S. (2017). Studienerfolg und visuelles Modellverständnis in der Chemie. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (S. 392 - 394). Regensburg: Universität Regensburg.
- Dickmann, T. (in Vorbereitung). Essen: Universität Duisburg-Essen
- Dickmann, T., Opfermann, M. & Rumann, S. (2017). Studienerfolg und visuelles Modellverständnis in der Chemie. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 67-70). Regensburg: Universität Regensburg.
- Dickmann, T., Opfermann, M., Rumann, S., Dammann, E., Lang, M. & Schmuck, C. (2016). Prädiktoren von visuellem Modellverständnis in der Chemie. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (S. 392-394). Regensburg: Universität Regensburg.
- Eysink, T. H. S., Jong, T. de, Berthold, K., Kolloffel, B., Opfermann, M. & Wouters, P. (2009). Learner Performance in Multimedia Learning Arrangements: An Analysis Across Instructional Approaches. *American Educational Research Journal*, 46(4), 1107-1149.
- Hoffmann, R., & Laszlo, R. (1991). Representation in chemistry. *Angewandte Chemie International Edition in Englisch*, 30, 1–16.
- Kimpel, L. (2017). *Aufgaben in der Allgemeinen Chemie – zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit*. Berlin: Logos.
- Koenen, J., Kölbach, E., Emden, M. & Sumfleth, E. (2014). Lösungsbeispiele im Chemieunterricht: Entwicklung und Evaluation verschiedener Formen von Lösungsbeispielen. In B. Ralle (Hrsg.), *Lernaufgaben entwickeln, bearbeiten und überprüfen: Ergebnisse und Perspektiven der fachdidaktischen Forschung* (S. 139-148). Münster [u.a.]: Waxmann.
- Kölbach, A. (2011). *Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen*. Berlin: Logos Verlag.
- Mayer, R. (2014c). Introduction to Multimedia Learning. In R. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl.) (S.1-24). Cambridge [u.a.]: Cambridge University Press.
- Rau, M. A. (2017). Conditions for the effectiveness of multiple visual representations in enhancing STEM learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 717-761.
- Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive science*, 38(1), 1-37.
- Roelle, J., Hiller, S., Berthold, K. & Rumann, S. (2017). Example-based learning: The benefits of prompting organization before providing examples. *Learning and Instruction*, 49, 1–12. doi:10.1016/j.learninstruc.2016.11.012
- Schnotz, W. (2005). An integrated model of text and picture comprehension. In R.E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 49–69). Cambridge [u.a.]: Cambridge University Press.
- Wu, H. K. & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88, 465-492.
- Wu, H.-K., Krajcik, J. S. & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations. Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (7), 821-842.

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Evonik Industries AG herzlich für die finanzielle Unterstützung dieses Forschungsprojekts.

Büşra Tonyali<sup>1</sup>  
 Mathias Ropohl<sup>1</sup>  
 Julia Schwanewedel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

## **Feedback an Lehramtsanwärterinnen und -anwärter zum Einsatz externer Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht**

### **Theoretischer Hintergrund**

Im naturwissenschaftlichen Unterricht dienen Repräsentationen als wichtiges Medium der Wissensdarstellung und -vermittlung (Krey & Schwanewedel, 2018). Eine blühende Pflanze ist ohne ein Blütendiagramm nicht klassifizierbar, eine Versuchsbeobachtung ohne Reaktionsgleichung nicht interpretierbar und die Beschleunigung einer Rakete ist ohne eine mathematische Formel nicht zu bestimmen. Repräsentationen werden in den Naturwissenschaften nicht nur einzeln, sondern auch miteinander kombiniert genutzt. Solche kombinierten dargebotenen Darstellungsformen werden als multiple externe<sup>1</sup> Repräsentationen bezeichnet (Ainsworth, 2006). Ihre lernförderliche Wirkung im Unterricht ist sowohl aus fachdidaktischer als auch kognitionspsychologischer Perspektive begründet (Kozma & Russell, 1997; Schnotz & Bannert, 1999). Wird beispielsweise im Chemieunterricht eine Text-Bild-Kombination zum Aufbau eines Flüssigkeitsthermometers eingesetzt, so können Lernende anhand der Abbildung die spezifischen Struktur- und Größenordnungen erkennen. Der Text untermauert diese Bildinformationen mit wörtlichen Beschreibungen und Erklärungen. Beide Repräsentationen werden während des Lernprozesses zum einen einzeln verarbeitet und zum anderen ineinander umkodiert, sodass die gelernten Inhalte im Gedächtnis doppelt gefestigt werden (Schnotz & Bannert, 1999).

Ohne entsprechende Kompetenzen von Lehrkräften zur Nutzung und Erstellung von Repräsentationen ist Erkenntnisgewinnung seitens der Lernenden kaum möglich (Kozma & Russell, 1997; Nitz, Ainsworth, Nerdel & Prechtel, 2014). Untersuchungen zeigen jedoch, dass angehende Lehrkräfte über ein geringes Wissen zu Repräsentationen und zur Gestaltung von Texten und Bildern verfügen. Sie haben Schwierigkeiten Sachverhalte und Phänomene fachlich und fachdidaktisch richtig darzustellen (Taskin, Bernholt & Parchmann, 2015). Insbesondere stellt das Unterrichten bzw. Repräsentieren von Inhalten auf makro-, mikro- und submikroskopischer Ebene eine dominierende Schwierigkeit dar, da ihnen die Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen häufig nicht bewusst sind (z. B. mesomere Grenzformeln; Bucat & Moverino, 2009; van Driel, Jong & Verloop, 2002). Das Nichtvorhandensein dieser Kompetenzen beeinträchtigt jedoch den Erwerb von naturwissenschaftlichen Konzepten seitens der Lernenden erheblich (Kozma & Russell, 1997). Es besteht die begründete Vermutung, dass diese Defizite vom Lehramtsstudium bis hin zum Berufsleben persistieren und an Schülerinnen und Schüler weitergegeben werden (Taskin et al., 2015). Trotzdem ist der Einsatz externer Repräsentationen im Unterricht selten integraler Bestandteil von Curricula der Lehramtsausbildung (McElvany et al., 2009; Schroeder et al., 2011). Angehende Lehrkräfte müssen daher zum einen fachliches Wissen über Repräsentationen sowie Kenntnisse über charakteristische Schülerschwierigkeiten erlangen und zum anderen passende Vermittlungsstrategien erwerben (McElvany & Willems, 2012; Nitz, Enzingmüller, Prechtel & Nerdel, 2011).

Neben der beschriebenen kognitiven Dimension des Professionswissens ist die Dimension der Überzeugungen und Einstellungen Teil der professionellen Handlungskompetenz

<sup>1</sup> Der Ausdruck „extern“ bezieht sich hierbei auf Sachverhalte, die – im Gegensatz zu internen Repräsentationen – außerhalb der mentalen Vorstellung präsentiert werden (Schnotz & Bannert, 1999).



(Baumert & Kunter, 2011). Im Unterschied zum Wissen gelten Überzeugungen als schwer veränderbar, da sie über einen langen Zeitraum aufgebaut werden (Pajares, 1992). Allerdings haben Überzeugungen einen bedeutenden Einfluss auf die Gestaltung von Unterricht und Lernprozessen (Dubberke, Kunter, McElvany, Brunner & Baumert, 2008; Staub & Stern, 2002). Daher bedarf es neben der Untersuchung des Professionswissens auch der Untersuchung der Überzeugungen zur Bedeutung von Repräsentationen für das Lernen in den jeweiligen Unterrichtsfächern.

Vor diesem Hintergrund wird eine Unterstützungsmaßnahme entwickelt, die Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern dabei hilft, ihre professionelle Handlungskompetenz in Bezug auf den Umgang mit Repräsentationen zu erweitern. Befunde der Professionalisierungsforschung bestätigen das Potenzial von Feedback in der Aus- und Fortbildung im Hinblick auf das unterrichtspraktische Handeln (Lipowsky, 2009). An diesem Punkt setzt das beschriebene Vorhaben an, indem die Wirksamkeit sowie die Bedingungen der Wirksamkeit von Feedback auf das Wissen sowie auf die Überzeugungen von Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern in einer Interventionsstudie experimentell untersucht werden. Feedback enthält unter anderem Hinweise zur Aufgabe selbst, Hinweise zum Lerngegenstand, Informationen zu Fehlern und zu möglichen Lösungen (Narciss, 2006). Es wird angenommen, dass vor allem die Kombination aus externem (Fremdfeedback) und internem (Selbstfeedback) Feedback dazu geeignet ist, Anwärtinnen und Anwärter zu fördern (Butler & Winne, 1995; Hattie & Timperley, 2007).

### **Forschungsanliegen**

Übergeordnetes Ziel des Vorhabens ist die Klärung der Frage, wie sich das Professionswissen sowie die Überzeugungen von Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern zu externen Repräsentationen mithilfe einer feedbackgestützten Intervention fördern lassen. Weiterer Schwerpunkt sind Untersuchungen von studienfach- und schulformabhängigen Unterschieden. Entsprechend werden folgende Forschungsfragen untersucht:

- F<sub>1</sub>: Welchen Effekt haben externes und/oder internes Feedback auf das fachliche und fachdidaktische Wissen von Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern zu externen Repräsentationen?
- F<sub>2</sub>: Welchen Effekt haben externes und/oder internes Feedback auf die Überzeugungen von Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern zu externen Repräsentationen?
- F<sub>3</sub>: Welchen Einfluss haben das Studienfach (Biologie und/oder Chemie) bzw. der absolvierte Studiengang (gymnasiales Lehramt oder nicht-gymnasiales Lehramt) auf das Wissen und die Überzeugungen von Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern?

### **Methodisches Vorgehen**

Die Untersuchung umfasst eine experimentelle Intervention im Pre-Post-Follow-Up-Studiendesign, welche als Modul in den regulären Vorbereitungsdienst implementiert wird. Hier liegt ein 2x2x4-Versuchsdesign mit den unabhängigen Faktoren internes und externes Feedback (2x2) und Messwiederholung (x4) zugrunde. Um Interaktionseffekte zwischen externem und internem Feedback zu untersuchen, werden beide Faktoren zwischen den Untersuchungsgruppen systematisch variiert (s. Tab. 1). Beide Feedbackvarianten werden anhand eines Bewertungsbogens gegeben bzw. erhalten (Tonyali, 2018).

Die Intervention ist in drei Inputphasen mit integrierten Übungen sowie jeweils eine Umsetzungs- und Feedbackphase unterteilt. Inhaltliche Schwerpunkte sind multiple externe Repräsentationen aus lernpsychologischer, fachlicher und fachdidaktischer Perspektive. So sollen angehende Lehrkräfte die Kompetenz erwerben, die Repräsentationen in ihren Lehr-Lern-Materialien selbstständig lernförderlich zu gestalten.

Zu den abhängigen Variablen gehören das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen zu Repräsentationen sowie die Überzeugungen zur Bedeutung von Repräsentationen für das Lernen von Biologie und Chemie. Die entsprechenden Testinstrumente werden in Anlehnung an Kleickmann et al. (2014), Taskin et al. (2015) sowie Nitz (2012) entwickelt. Als Kontrollvariablen werden das allgemeine fachliche und fachdidaktische Wissen (Kleickmann et al., 2014) sowie Merkmale zum Ausbildungshintergrund erhoben. Angestrebt wird eine Stichprobengröße von  $N = 120$  Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern mit den Fächern Biologie und/oder Chemie. Aus den Kombinationen des Feedbacks (s. o.) ergeben sich vier Untersuchungsgruppen mit jeweils  $n = 30$  Testpersonen.

Tab. 1: Überblick über den Ablauf der Untersuchung (Hinweis: MZP = Messzeitpunkt)

| Untersuchungsgruppe                                            | 1. MZP                         | 2. MZP    | Intervention<br>(1.-8. Woche) |          |           | 3. MZP     | 4. MZP                                             |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------|-------------------------------|----------|-----------|------------|----------------------------------------------------|
| 1 Intervention mit internem und externem Feedback ( $n = 30$ ) | Tests der<br>Kontrollvariablen | Pre-Tests | Phase I                       | Phase II | Phase III | Post-Tests | Follow-Up-Tests,<br>Tests der<br>Kontrollvariablen |
| 2 Intervention mit externem Feedback ( $n = 30$ )              |                                |           |                               |          |           |            |                                                    |
| 3 Intervention mit internem Feedback ( $n = 30$ )              |                                |           |                               |          |           |            |                                                    |
| 4 Intervention ohne Feedback ( $n = 30$ )                      |                                |           |                               |          |           |            |                                                    |

### Erste Ergebnisse

In einer Vorstudie wurde ein Bewertungsbogen zur Analyse von Repräsentationen entwickelt und mit Masterstudierenden ( $N = 12$ ) erprobt. Der Bewertungsbogen wurde einerseits von den Studierenden als Selbstbewertungsbogen und andererseits von einem Supervisor als Fremdbewertungsbogen eingesetzt. Auf einer Skala von 1 (gering) bis 4 (hoch) wurde die Qualität der erstellten Lehr-Lern-Materialien bewertet,  $M_{Prä} = 2.62$  ( $SD = 1.15$ ). Durch externes Feedback wurde sie nach einer Überarbeitung verbessert,  $M_{Post} = 3.16$  ( $SD = .99$ ). Auch die Selbsteinschätzung gelang nach dem externen Feedback besser,  $ICC_{Prä} = .42-.89$ ,  $ICC_{Post} = .72-.97$ . Zudem gaben die Studierenden in Stimulated-Recall-Interviews an, dass sich bei ihren Selbsteinschätzungen nach der Fremdbewertung deutlich sicherer gefühlt haben (Tonyali, 2018).

### Ausblick und erwarteter Ertrag

Auf Grundlage der ersten Ergebnisse und der bereits entwickelten Instrumente aus der Vorstudie erfolgt nun die Durchführung der Untersuchung mit Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern mit dem Ziel, die Wirksamkeit des Vorbereitungsdienstes nachhaltig zu verbessern. Theoretischer Ertrag des Vorhabens ist die Gewinnung von empirisch gesicherten Erkenntnissen über den Effekt von Feedback auf die Kompetenzen und Einstellungen von angehenden Lehrkräften. Als praktischer Gewinn gilt die Entwicklung von empirisch evaluierten und zukünftig einsetzbaren Materialien für Module im Vorbereitungsdienst.

## Literatur

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Münster: Waxmann.
- Bucat, B. & Mocerino, M. (2009). Learning at the Sub-micro Level: Structural Representations. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Hrsg.), *Multiple Representations in Chemical Education* (Bd. 4, S. 11–29). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Butler, D. L. & Winne, P. H. (1995). Feedback and Self-Regulated Learning: A Theoretical Synthesis. *Review of Educational Research*, 65, 245–281.
- Dubberke, T., Kunter, M., McElvany, N., Brunner, M. & Baumert, J. (2008). Lerntheoretische Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(34), 193–206.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.
- Kleickmann, T., Großschedl, J., Harms, U., Heinze, A., Herzog, S., Hohenstein, F. et al. (2014). Professionswissen von Lehramtsstudierenden der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer – Testentwicklung im Rahmen des Projekts KiL. *Unterrichtswissenschaft*, 42(3), 280–288.
- Kozma, R. B. & Russell, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949–968.
- Krey, O. & Schwanewedel, J. (2018). Lernen mit externen Repräsentationen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Bd. 33, S. 159–175). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Lipowsky, F. (2009). Unterrichtsentwicklung durch Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen für Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 27(3), 346–360.
- McElvany, N., Schroeder, S., Hachfeld, A., Baumert, J., Richter, T., Schnotz, W. et al. (2009). Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(3), 223–235.
- McElvany, N. & Willems, A. S. (2012). Videobasiertes Fortbildungsmodul zur Bild-Text-Integration. *Schule NRW*, (2), 68–70.
- Narciss, S. (2006). Informatives tutorielles Feedback. Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse (*Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie*, Bd. 56). Münster: Waxmann.
- Nitz, S. (2012). *Fachsprache im Biologieunterricht: Eine Untersuchung zu Bedingungsfaktoren und Auswirkungen*. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- Nitz, S., Ainsworth, S., Nerdel, C. & Precht, H. (2014). Do student perceptions of teaching predict the development of representational competence and biological knowledge? *Learning and Instruction*, 31, 13–22.
- Nitz, S., Enzingmüller, C., Precht, H. & Nerdel, C. (2011). Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht - eine empirische Untersuchung zur Einstellung angehender Lehrkräfte. *Unterrichtswissenschaft*, 39(3), 245–262.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307–332.
- Schnotz, W. & Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text- und Bildverstehen. *Experimental Psychology*, 46(3), 217–236.
- Schroeder, S., Richter, T., McElvany, N., Hachfeld, A., Baumert, J., Schnotz, W. et al. (2011). Teachers' beliefs, instructional behaviors, and students' engagement in learning from texts with instructional pictures. *Learning and Instruction*, 21(3), 403–415.
- Staub, F. C. & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 344–355.
- Taskin, V., Bernholt, S. & Parchmann, I. (2015). Student Teachers' Knowledge About Chemical Representations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 39–55.
- Tonyali, B. (2018). *Entwicklung und Evaluation eines Bewertungsbogens zur Analyse von Repräsentationen in selbstgestellten Lehr-Lern-Materialien von angehenden Lehrpersonen für den naturwissenschaftlichen Unterricht*. Masterarbeit. Universität Duisburg-Essen, Essen.
- Van Driel, J. H., Jong, O. D. & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86, 572–590.

Julia Eckhard<sup>1</sup>  
 Marc Rodemer<sup>2</sup>  
 Sascha Bernholt<sup>2</sup>  
 Nicole Graulich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Gießen  
<sup>2</sup>IPN Kiel

## **Blickbewegungen beim Umgang mit organischen Reaktionsmechanismen**

### **Einleitung und theoretischer Hintergrund:**

Das Nutzen von Repräsentationen, z. B. in Form von Strukturformeln, und deren Verknüpfung mit den zugrundeliegenden chemischen Konzepten ist zentral für das Verständnis in der Organischen Chemie (OC) und unerlässlich beim Aufstellen von Reaktionsmechanismen.

Beim Abschätzen des Reaktionsverhaltens müssen Schlussfolgerungen von der expliziten symbolischen Ebene der Repräsentationen hin zur Ebene der chemischen Konzepte und Prinzipien abgeleitet werden. Die dabei stattfindende Integration von impliziten Eigenschaften und expliziten visuellen Informationen ist die Voraussetzung für erfolgreiche mechanistische Schlussfolgerungen (Goodwin, 2010; Graulich, 2015; Graulich & Bhattacharyya, 2017; Kozma, 2003).

Während der Umgang mit Repräsentationen und das mechanistische Schlussfolgern zum alltäglichen Handwerk von organischen Chemikerinnen und Chemikern gehört, stellt dies für Studierende eine enorme Hürde dar. Studierende weisen häufig fragmentiertes Konzeptwissen auf, fokussieren auf explizite Oberflächenmerkmale und verlassen sich beim Umgang mit Reaktionsmechanismen vielfach auf Auswendiglernen sowie auf die Anwendung von Heuristiken (Bhattacharyya & Bodner, 2005; Graulich, 2015; Talanquer, 2017).

In einer aktuellen Arbeit, die das mechanistische Schlussfolgern von Studierenden analysierte, wurde eine Begründungsstruktur entwickelt, die vom Expliziten über das Implizite, bis hin zum Einfluss auf eine Veränderung reicht (Caspari, Kranz, & Graulich, 2018). Noch offen ist, wie sich diese Begründungsstruktur bei unterschiedlichen Expertisegruppen zeigt und wie diese mit der visuellen Verarbeitung der Repräsentationen verknüpft ist.

### **Zielsetzung:**

Übergeordnetes Ziel des Projekts ist es, Studierende beim Erlernen von Reaktionsmechanismen zu unterstützen und dabei die Verknüpfung von chemischen Konzepten mit Repräsentationen zu stärken. Die Analyse unterschiedlicher Expertisegruppen soll zunächst Einblicke in unterschiedlich erfolgreiche und nicht-erfolgreiche Herangehensweisen beim Lösen mechanistischer Probleme geben. In der hier vorgestellten ersten Studie liegt der Fokus dabei auf der Analyse der Begründungsstrukturen sowie der visuellen Aufmerksamkeitsverteilung der Probandinnen und Probanden beim Betrachten der gezeigten mechanistischen Schritte.

### **Studiendesign:**

Um den Umgang von unterschiedlichen Expertisegruppen (OC-Lehrende, fortgeschrittene Studierende und OC-I-Studierende) mit Reaktionsmechanismen vergleichend zu untersuchen, wurden Daten mittels qualitativer Interviews und Eye-Tracking an den Standorten Gießen und Kiel erhoben. Insgesamt 36 Studierende und neun OC-Lehrende bearbeiteten jeweils acht gezielt entwickelte Fallvergleichsaufgaben (siehe Abbildung 1) basierend auf dem von Graulich und Schween (2018) für die Organische Chemie vorgeschlagenen Aufgabentyps. Bei diesen Aufgaben sollten die Probandinnen und Probanden jeweils entscheiden, welche der beiden dargestellten Reaktionen schneller verläuft, und anschließend ihre Entscheidung in qualitativen Interviews begründen.

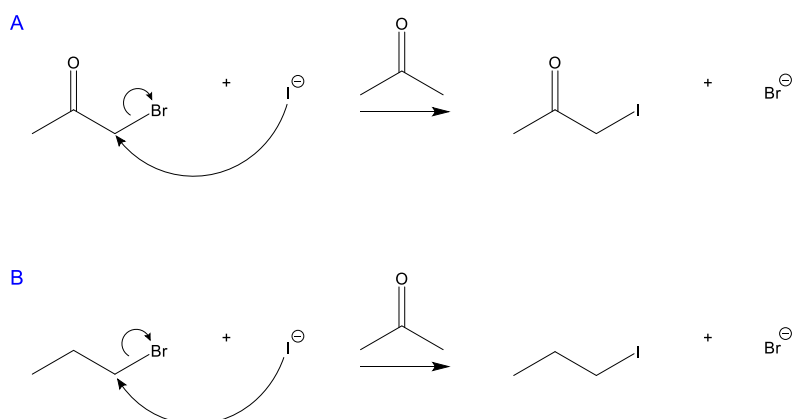


Abb. 1: Beispiel für eine verwendete Fallvergleichsaufgabe mit der Aufgabenstellung:  
„Welche der Reaktionen verläuft schneller?“

Bei der Bearbeitung sollten die Probandinnen und Probanden die Aufgaben zunächst betrachten und mental zu einer Problemlösung kommen und anschließend ihre Lösung verbalisieren. OC-Lehrende sollten in einem zusätzlichen Teil die Aufgabenlösung fiktiv Studierenden auf dem Niveau einer OC-Einführungsveranstaltung erläutern.

#### Datenanalyse und erste Ergebnisse:

Die Datenanalyse gliedert sich zum einen in die Auswertung der Eye-Tracking Daten und zum anderen in die Analyse der qualitativen Interviews. Letztere werden transkribiert und mittels MAXQDA kategorisiert.

Die Eye-Tracking Daten werden mittels der Tobii Studio 3.4.8 Software sowie SMI BeGaze 3.5 aufbereitet. Eine erste Auswertung der Eye-Tracking Daten zeigt, dass die Blickmuster nicht gruppenspezifisch sind. Zusätzlich sind auch Unterschiede im Blickverhalten einzelner Probandinnen und Probanden bei Aufgaben zum gleichen Reaktionsprozess, z. B.  $S_N2$ -Reaktionen, feststellbar. Die Repräsentationen bei diesen Aufgaben unterscheiden sich in diesem Fall nur in den expliziten strukturellen Merkmalen der Edukte, z. B. unterschiedliche Substrate oder unterschiedliche Abgangsgruppen.

Zur Analyse der Begründungsstruktur wird das bereits entwickelte Kategoriensystem von Caspari et al. verwendet (Caspari et al., 2018). Dieses fokussiert im Falle der gestellten Aufgaben zum einen auf das Erkennen der expliziten Unterschiede, die den Repräsentationen zu entnehmen sind (z. B. die Carbonylgruppe in A vs. die Alkylgruppe in B in Abb.1), zum anderen auf das Ableiten von impliziten Eigenschaften (z. B. Elektronenzug der Carbonylgruppe) sowie deren Verknüpfung mit den im Reaktionsverlauf auftretenden Veränderungen (z. B. Abgehen der Abgangsgruppe). Diese Aspekte werden von den Probandinnen und Probanden unterschiedlich in Relation gesetzt, d. h. unterschiedliche Komplexitäten von Kausalzusammenhängen werden gebildet (Caspari et al., 2018).

Die Antwort von Probandin 1 im unteren Zitat weist beispielsweise eine hohe Komplexität der Begründungsstruktur auf, da expliziter Unterschied (die Ketogruppe), impliziter Einfluss (ein -I-Effekt, welcher das Kohlenstoffatom (Reaktionszentrum) noch weiter polarisiert) und eine Veränderung (die Anziehung der gegensätzlichen Ladungen von Nukleophil und Elektrophil) in einer geschlossenen Kausalkette zueinander in Beziehung gesetzt werden.

Probandin 1: „Und beim Molekül B haben wir keine Ketongruppe oder Ketogruppe, sondern ein ganz normales Halogenalkan. [...] deswegen würde ich darauf

*schließen, dass das einen -I-Effekt hat, welches das Kohlenstoffatom noch weiter polarisiert. [...] weshalb der Angriff von dem Iodid an diese positive Teilladung schneller erfolgt. Ja, weil das Iodid ja negativ geladen ist und dann zieht es ja die positive Ladung an bzw. andersherum. Deswegen würde ich sagen Molekül A. [...]*“

Die Probandin leitet also aus der in der Repräsentation sichtbaren Ketogruppe einen impliziten Einfluss auf die Veränderung ab, nämlich dass durch die positive Polarisierung des elektrophilen Kohlenstoffatoms die Anziehung der Ladungen in dem mechanistischen Schritt stärker ausgeprägt ist.

Proband 2 hingegen beschreibt den expliziten Unterschied (Carbonylgruppe im Edukt von A) und benennt eine Veränderung (Abgehen der Abgangsgruppe). Er stellt jedoch keine Relation her und nennt keine impliziten Einflüsse, die er mit dem expliziten Unterschied verknüpft. Die Antwort weist daher eine geringe Komplexität der Begründungsstruktur auf.

*Proband 2: „Okay. Also ich hätte gemeint, also das was wir haben als Lösemittel ist dem vom A ähnlich [blickt auf Edukt in A, spricht über die Carbonylgruppe], deswegen habe ich gedacht es wäre B und es wäre wieder eine S<sub>N</sub>2. Brom fliegt raus synchron mit Iod, also Iod kommt dazu und es ist einfach eine Substitution, also eine S<sub>N</sub>2. Da hätte ich gemeint B ist es. [...]*“

Während Probandin 1 alle Aspekte in Relation setzt, nennt Proband 2 nur zwei Aspekte, die er nicht in Relation setzt. Er bezieht in seine Begründungsstruktur zwar den expliziten Unterschied ein, versucht jedoch seine Begründung anhand des Lösungsmittels aufzubauen. Bei Betrachtung seines Blickmusters wird dies ebenfalls ersichtlich. Er blickt im Vergleich zu Probandin 1 weniger auf die Carbonylgruppe, sondern fokussiert stärker auf das Lösungsmittel.

Diese exemplarische Darstellung der ersten Ergebnisse verdeutlicht die feststellbaren Unterschiede in den Blickmustern und den Begründungsstrukturen. Es gilt weiter zu analysieren, wie diese Unterschiede innerhalb einer Probandengruppen (im oberen Fall Beispiele von OC-I-Studierenden) und zwischen den unterschiedlichen Expertisegruppen ausgeprägt sind.

### **Fazit und Ausblick**

Die Analyse der Begründungsstruktur ermöglicht eine Aussage zu treffen, welche Aspekte zum einen genannt und zum anderen in Relation gesetzt werden und inwiefern sich drei verschiedene Expertisegruppen unterscheiden. In Kombination mit der Analyse des Blickverhaltens wird zudem weiter analysiert, welches chemische Konzeptwissen mit den Repräsentationen in diesen Aufgaben verknüpft wird.

Aufbauend aus den Erkenntnissen von Studie 1 sollen Instruktionsmaterialien entwickelt werden, die gezielte Visualisierungen und Begründungen mit hoher Komplexität der Relationen enthalten sollen. In einer Vorgängerstudie konnte bereits gezeigt werden, dass in unbekannten Kontexten gebildete Relationen mit hoher Komplexität erfolgreicher waren als solche mit niedriger Komplexität (Caspari et al., 2018). Zum anderen zeigte sich im Bereich der Multimedia-Forschung, dass sich gezielte Visualisierungen eignen, um die Aufmerksamkeit auf relevante Aspekte zu lenken (van Gog, 2014). Auf diese fachdidaktischen und mediendidaktischen Ansätze sowie den Ergebnissen aus Studie 1 aufbauende Instruktionen könnten hilfreich sein, Studierende beim Verknüpfen zwischen expliziten und impliziten Merkmalen sowie bei der Bildung von geschlossenen Kausalketten in der Organischen Chemie zu unterstützen. Inwiefern derart gestaltete Instruktionen das mechanistische Denken beeinflussen, wird in einer weiteren Studie untersucht.

**Literatur**

- Bhattacharyya, G., & Bodner, G. M. (2005). "It Gets Me to the Product": How Students Propose Organic Mechanisms. *Journal of Chemical Education*, 82(9), 1402–1407
- Caspari, I., Kranz, D., & Graulich, N. (2018). Resolving the complexity of organic chemistry students' reasoning through the lens of a mechanistic framework. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1117–1141
- Goodwin, W. (2010). How do Structural Formulas Embody the Theory of Organic Chemistry? *The British Journal for the Philosophy of Science*, 61(3), 621–633
- Graulich, N. (2015). The tip of the iceberg in organic chemistry classes: How do students deal with the invisible? *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 9–21
- Graulich, N., & Bhattacharyya, G. (2017). Investigating students' similarity judgments in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 774–784
- Graulich, N., & Schween, M. (2018). Concept-Oriented Task Design: Making Purposeful Case Comparisons in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 95(3), 376–383
- Grove, N. P., Cooper, M. M., & Rush, K. M. (2012). Decorating with Arrows: Toward the Development of Representational Competence in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89(7), 844–849
- Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205–226
- Talanquer, V. (2018). Progressions in reasoning about structure–property relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 998–1009
- van Gog, T. (2014). The Signaling (or Cueing) Principle in Multimedia Learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Cambridge Handbooks in Psychology). Cambridge: Cambridge University Press. 263–278

## Die Wahrnehmung des Abstraktionsgrades von multiplen Repräsentationen

### Ausgangslage

Multiple externe Repräsentationen (MER) sind für das Verstehen und Kommunizieren von Fachinhalten in der Chemie unerlässlich (Coll, 2006). Das Bestehen und der Nutzen von MER ist insbesondere auf die Notwendigkeit der Visualisierung des nicht-sichtbaren bzw. atomaren Bereichs zurückzuführen (Johnstone, 1993). Externe Repräsentationen (ER) tragen die Eigenschaft eine begrenzte Anzahl der Merkmale des Referenzobjektes zu visualisieren, sodass in der Chemie verschiedene ER für den gleichen Zielbereich bestehen (Justi & Gilbert, 2002). Studien zeigen, dass der Einsatz von MER für den gleichen Zielbereich effizienter für den Lernerfolg ist als das Nutzen einer einzigen ER. Über den Einfluss konkreter und abstrakter MER im naturwissenschaftlichen Unterricht bestehen inkonsistente Ergebnisse, die zum einen auf unterschiedliche Definitionen zurückzuführen sind, zum anderen in Abhängigkeit zum Lernkontext stehen (Jaakkola & Veermans, 2015). Für die Effektivität unterschiedlicher Repräsentationen im Chemieunterricht liegen bisher wenige Ergebnisse vor. Die Ergebnisse der Studie von Lin, Son, and Rudd (2016) zeigen, dass Instruktionen beginnend mit konkreten ER einen positiven Effekt auf den Lernprozess haben, verglichen zu abstrakten ER. Über das Nutzen von MER für den atomaren Bereich geht aus der fachdidaktischen Forschung hervor, dass insbesondere Lernende mit niedrigem Fachwissen zu „simple realistic models“ neigen (Cheng & Gilbert, 2017; Harrison & Treagust, 1996). Des Weiteren unterscheiden sich Experten von Novizen bezüglich des pragmatischen Gebrauchs von Repräsentationen als auch der Kenntnisse über ihre Eigenschaften (Coll, 2006; Grosslight, Unger, & Jay, 1991).

### Theoretischer Hintergrund

Im Allgemeinen lässt sich eine externe Repräsentation als ein reales Objekt definieren, das für ein anderes steht (Giere, 2004; Schnotz, 2002). Der Term „multiple“ beschreibt das Nutzen mehrerer verschiedener ER für den gleichen Zielbereich. Ainsworth and VanLabeke (2004) führen für die Differenzierung von MER verschiedene Kategorien an, u.a. den Abstraktionsgrad, der zwischen diesen variieren kann. Der Abstraktionsgrad lässt sich anhand der Theorie von Schnotz (2002) präziser definieren. Die Kategorisierung des Abstraktionsgrades einer ER steht laut Schnotz in Abhängigkeit zu der Art der Visualisierung von Merkmalen des Referenzobjektes. Depiktionale Repräsentationen enthalten Ikonen und ihre Beziehung zu dem Bezeichneten beruht auf strukturellen Ähnlichkeiten während deskriptive Repräsentationen aus Symbolen bestehen, deren Beziehung zum Referenzobjekt arbiträr ist und auf Konventionen beruht. Zudem können sich depiktionale und deskriptive Repräsentationen anhand des Informationsgehaltes und ihrer Nutzungseigenschaften unterscheiden. Zwei ER sind unter Einbezug der Aufgabenklasse dann informationsäquivalent, wenn die zur Aufgabenbewältigung benötigten Informationen enthalten sind. Der Informationsgehalt einer Repräsentationsform steht im Zusammenhang mit ihrer internen Struktur sowie den Prozeduren, mithilfe derer die Informationen aus diesen entnommen werden können. Eine Nutzungsäquivalenz zweier ER liegt dann vor, wenn die Informationsentnahme aus beiden Repräsentationen eine ähnliche kognitive Belastung beansprucht. Neben Schnotz schlägt Gilbert (2008) ebenfalls eine Kategorisierung von MER vor, die auf einem System in Abhängigkeit von der Anzahl der physikalischen Dimensionen der Darstellung beruht. In Bezug auf die chemischen ER eines Atoms definiert der Autor die bestehende strukturelle Ähnlichkeit zwischen Darstellungen und dem dargestellten Objekt als positive Analogie, während fehlende strukturelle Eigenschaften als



negative Analogien bezeichnet werden. Darüber hinaus geht er davon aus, dass 1D-Darstellungen wie chemische Symbole von Natur aus abstrakt sind und aus Symbolen bestehen (Gilbert, 2008).

### Forschungsfragen

Im Fokus des Promotionsprojekts steht zum einen die Analyse der Wahrnehmung von und der Umgang mit MER von Lernenden, zum anderen die Analyse des Nutzens unterschiedlicher Repräsentationen beim Erklären chemischer Phänomene. Dem zweiteiligen Promotionsprojekt liegen folgende Forschungsfragen zugrunde:

FF1: Wie werden unterschiedliche externe Repräsentationen des atomaren Bereichs in Bezug auf ihre Eignung für die Informationsentnahme von Lernenden wahrgenommen?

FF2: Inwieweit nimmt die Nutzung unterschiedlicher externer Repräsentationen Einfluss auf das Erklären der phänomenologischen Ebene und den Lernprozess?

Folgende Ausführungen beziehen sich auf die erste Teilstudie.

### Design

Zunächst wurde eine Schulbuchanalyse durchgeführt, deren Ergebnisse zeigt, dass folgende ER des atomaren Bereichs in Schulbüchern verwendet werden und nach Schnotz folgendermaßen nach *konkret* und *abstrakt* angenommen werden können: Verhältnisformel, Ionenschreibweise, Wortgleichung (*abstrakt*) und Lewisformel bzw. das Kalottenmodell (*konkret*). In der ersten Studie wurden quantitative Daten mithilfe eines selbst entwickelten Paper-pencil-Test erhoben, der drei Teile umfasst: einen Repräsentationstest, ein semantisches Differential und einen Fachwissenstest. Ziel ist die Analyse von Zusammenhängen zwischen 1) der Fähigkeit, Informationen aus MER abzurufen und zu extrahieren, 2) der Wahrnehmung der Lernenden gegenüber verschiedenen MER und 3) dem zugrundeliegenden Fachwissen zum Thema Säure und Basen. Ausgehend von dem zuvor pilotierten Fachwissenstest wurden Items im Multiple-Choice Format entwickelt, um die Fähigkeit der Lernenden zur Informationsentnahme aus MER zu erheben. Hierzu wurden die Inhalte der einzelnen Items des Fachwissenstests mithilfe zweier Repräsentationsformen visualisiert, sodass ein Itempool von 48 Items vorliegt. Die 48 Items wurden nach dem *balanced incomplete block design* auf vier Blöcke à 12 Items verteilt und diese so kombiniert, dass vier unterschiedliche Testhefte vorliegen (Gonzalez & Rutkowski, 2010). Die Verteilung der Items erfolgte unter den Bedingungen, dass in jedem Testheft nur ein Item zu den Inhalten des Fachwissenstests vorkommt und die Anzahl der unterschiedlichen Repräsentationsformen über die Testhefte gleichgehalten wird. Da jeweils zwei der vier Blöcke die gleichen Items aus dem Fachwissenstest, allerdings in unterschiedlichen Repräsentationen beinhalteten, wurde die Zusammenführung dieser zwei Blöcke zu einem Testheft vermieden. Basierend auf Schnotz' Definition wurde anhand der Methode nach Osgood (1964) ein semantisches Differential konzipiert, das dichotome Attribute beinhaltet, um die Wahrnehmung sowie Beurteilung der Lernenden in Bezug auf die MER nach *abstrakt* und *konkret* zu erheben. Anhand einer sechsstufigen bipolaren Rating-Skala sollten Lernende die bereits aus dem ersten Test bekannten Repräsentationsformen nach ihren strukturellen Eigenschaften sowie dem Informationsgehalt beurteilen. Der aus 32 Items bestehende Fachwissenstest wurde im Multiple-Choice Format entwickelt. Die Items sind teilweise aus bereits bestehenden Fachwissenstests adaptiert (Fechner, 2009; Harbach, 2013; Ropohl, 2010).

### Analyse und Ergebnisse

Für die Analyse der ersten Forschungsfrage kann auf eine Stichprobe von 130 Studierenden aus der Studieneingangsphase mit einem Durchschnittsalter von 20 Jahren ( $M = 20,0$ ;  $SD = 2,0$ ) zurückgegriffen werden, die aus einer Chemievorlesung rekrutiert wurden. Um zu unter-

suchen, ob die Informationsentnahme aus MER und das Fachwissen sich als separate Konstrukte erfassen lassen, erfolgte die Überprüfung des Datensatzes mithilfe des ein- und zweidimensionalen Rasch-Modells. Sowohl die Deviance als auch die Fitkriterien weisen darauf hin, dass das zweidimensionale Modell besser zu den Daten passt als das eindimensionale Modell (Bond & Fox, 2007).

Tab. 1 Merkmale der berechneten Rasch-Modelle für den Fachwissens- und Repräsentations-test.

| Modell | Dimension | EAP reliability | Geschätzte Parameter | Deviance | BIC  | AIC  |
|--------|-----------|-----------------|----------------------|----------|------|------|
| 1      | 1         | .92             | 81                   | 8063     | 8458 | 8225 |
| 2      | 1         | .91             | 83                   | 8034     | 8439 | 8200 |
|        | 2         | .88             |                      |          |      |      |

Zwischen den zwei separaten Fähigkeiten lässt sich zudem eine hohe Korrelation feststellen, die signifikant ist,  $r = .9, p < .001$ . Anhand der Itemschwierigkeit der einzelnen Repräsentationsitems wurde für jede der fünf ER eine mittlere Itemschwierigkeit ermittelt, um Aussagen über die Schwierigkeit der Informationsentnahme für die einzelnen Visualisierungsformen des atomaren Bereichs zu treffen. Repräsentationsitems, die mithilfe des Kalottenmodells visualisiert wurden, haben durchschnittlich die höchste Itemschwierigkeit ( $M = 0.52, SD = 0.87$ ), während die mit der Ionenschreibweise die geringste aufweisen ( $M = -0.6, SD = 1.1$ ). Um die Wahrnehmung der Lernenden zu analysieren, wurde die Skala des semantischen Differentials zunächst mithilfe einer Faktorenanalyse validiert. Ziel der Faktorenanalyse ist es Attribute in Bezug auf die Konstrukte *konkret* und *abstrakt* zu bestimmen und die Struktur der latenten Variablen aufzudecken.

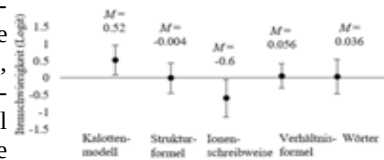


Abb. 1 Itemschwierigkeit für die MER

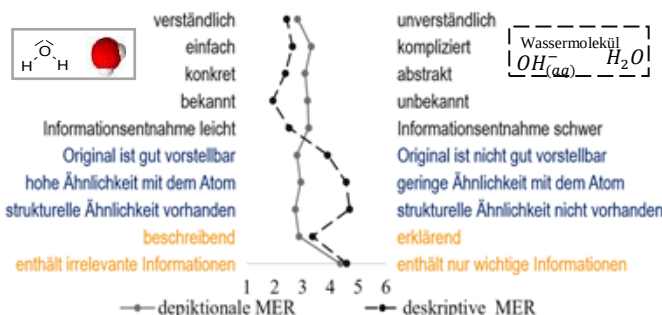


Abb. 2 Ergebnisse des semantischen Differentials

Insbesondere zwischen ER und der atomaren Ebene beziehen, auf der zweiten Komponente bündeln ( $\alpha = .6$ ). Zwei Attribute zeigen die höchste Faktorladung auf der dritten Komponente, dessen Reliabilität allerdings unzureichend für die Akzeptanz als Skala ist. Studierende nehmen die strukturelle Ähnlichkeit zwischen ER und dem Referenzobjekt theoriekonform wahr (Abb. 2), während sie entgegen theoretischer Annahmen, die Informationsentnahme aus abstrakteren ER als leichter wahrnehmen, was sich zudem in der Itemschwierigkeit widerspiegelt.

### Ausblick

Ausgehend von den Ergebnissen der ersten Studie wird in einer darauffolgenden Interventionsstudie die Wahl von externen Repräsentationen für das Erklären der phänomenologischen Ebene analysiert und der Einfluss auf das Erklären sowie den Lernprozess herausgearbeitet. Hierbei werden insbesondere diejenigen ER fokussiert, die als extrem bewertet wurden.

### Literatur

- Ainsworth, S., & VanLabeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14, 241–255.
- Bond, T., & Fox, C. (2007). *Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences* (2nd ed.). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Charles E. Osgood. (1964). Semantic differential technique in the comparative study of cultures. *American Anthropologist*, 66, 171–200.
- Cheng, M. M. W., & Gilbert, J. K. (2017). Modelling students' visualisation of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 39, 1173–1193.
- Coll, R. K. (2006). The role of models, mental models and analogies in chemistry teaching. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison, & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 65–77). Dordrecht: Springer.
- Fechner, S. (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. Berlin: Logos Verlag.
- Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71, 742–752.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Models and modeling in science education: v. 3. Visualization: Theory and practice in science education* (1st ed., pp. 3–24). s.l.: Springer Netherlands.
- Gonzalez, E. J., & Rutkowski, L. (2010). Principles of multiple matrix booklet designs and parameter recovery in large-scale assessments. In M. von Davier & D. Hastedt (Eds.), *IERI Monograph Series: Issues and Methodologies in Large-Scale Assessments: Volume 3* (pp. 125–156).
- Grosslight, L., Unger, C., & Jay, E. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Education*, 22, 799–822.
- Harbach, A. (2013). *Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben* (Vol. 149). Berlin: Logos Verlag.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80, 509–534.
- Jaakkola, T., & Veermans, K. (2015). Effects of abstract and concrete simulation elements on science learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31, 300–313.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70, 701–705.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 1273–1292.
- Lin, Y. I., Son, J. Y., & Rudd, J. A. (2016). Asymmetric translation between multiple representations in chemistry. *International Journal of Science Education*, 38, 644–662.
- Ropohl, M. (2010). Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. *Entwicklung und Analyse von Testaufgaben* (Vol. 107). Berlin: Logos.
- Schnotz, W. (2002). Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review*, 14, 101–120.

Daniel Laumann<sup>1</sup>  
 Julian Fischer<sup>1</sup>  
 Susanne Weißnigk<sup>2</sup>  
 Michael Kerres<sup>3</sup>  
 Dirk Wenderoth<sup>4</sup>  
 Knut Neumann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel  
<sup>2</sup>Leibniz Universität Hannover  
<sup>3</sup>Universität Duisburg Essen  
<sup>4</sup>Westermann Gruppe

## Entwicklung basiskonzeptorientierter Unterrichtseinheiten zur Energie

### Hintergrund und Zielsetzung

Die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den naturwissenschaftlichen Fächern fordern den Aufbau strukturierten Fachwissens mittels Basiskonzepten (KMK, 2005). In diesem Sinne gilt es Inhaltsbereiche regelmäßig, d.h. über Jahrgangsstufen und Sachgebiete hinaus, durch Basiskonzepte zu verknüpfen, um eine stärkere Vernetzung zu erzielen und damit durch organisiertes sowie vernetztes Wissen, um die zentralen Konzepte einer Domäne, eine Grundlage für Kompetenzentwicklung zu schaffen (Bransford, Brown & Cocking, 2000; Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007).

Zielsetzung des DFG-Erkenntnistransferprojekts „*Physikunterricht orientiert an Basiskonzepten: Kumulativer Kompetenzaufbau am Beispiel des Energiekonzepts – energie\_TRANSFER*“ ist die Entwicklung und Erprobung kurzer Unterrichtseinheiten (Curriculum Replacement Unit, nf. CRU) für das Energiekonzept. Diese Bausteine eines Curriculums sollen von Lehrkräften in mehreren Bundesländern unter Nutzung einer digitalen Lernplattform (Curriculum Administration and Customization Service, nf. CACS), als Adaption bestehender Konzepte in diesem Bereich (Sumner & CCS Team, 2010), in bereits existierende Unterrichtsgänge der Mittelstufe integriert werden können, um so den Aufbau einer vernetzten Wissensbasis zu begünstigen, siehe Abbildung 1.

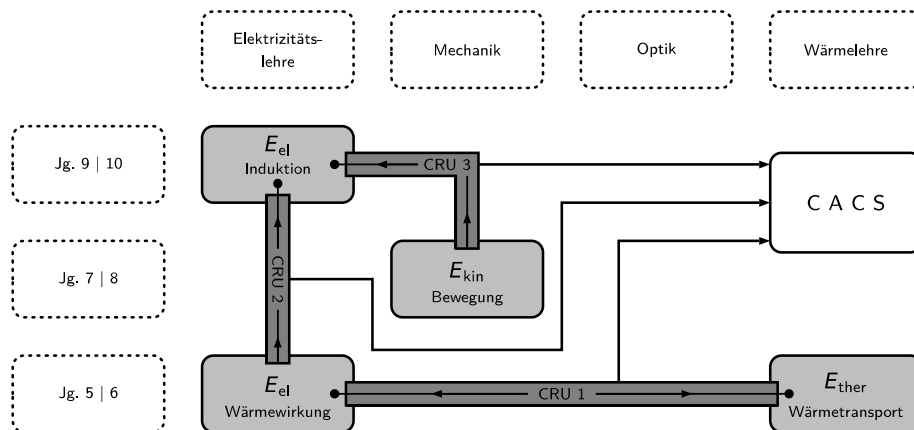


Abb. 1 Projektstruktur zur Entwicklung von vernetzenden Unterrichtseinheiten (CRUs) zum Basiskonzept Energie und nachfolgender Anpassung und Administration durch Lehrkräfte unter Nutzung einer digitalen Lernplattform (CACS)

### Methode – Identifikation und Erarbeitung von CRUs

Zur Erarbeitung der CRUs ist es zunächst grundlegend relevante und für den Unterricht taugliche Inhalte zu identifizieren, die eine inhaltliche Passung zu bestehenden

Unterrichtsgängen aufweisen. Neben potentiellen Inhalten, die im Sinne von Abbildung 1 vorgeben, an welchen Stellen innerhalb eines Curriculums eine CRU zu verorten ist, orientiert sich das Projekt auch am Ansatz des Project-Based Learning als Lernform (Krajcik, & Czerniak, 2014). Damit ist bei den CRUs eine Zentrierung auf die Lernenden sowie eine Kontextorientierung zu berücksichtigen (Penuel & Bell, 2016). Für die Erarbeitung der CRUs und der Lehr-Lernaktivitäten ist somit zunächst die Identifikation potentieller Inhalte und Kontexte grundlegend, siehe Abbildung 2. Erst nach dieser Festlegung der Inhalte und Kontexte als übergeordneter Elemente der CRUs ist dann die Auswahl und Entwicklung spezifischer Lehr-Lernaktivitäten möglich. Ausgehend von diesen Bedingungen gilt es im Projekt etwa 10 bis 12 CRUs im Umfang von je 2 bis 4 Unterrichtsstunden als Ersatz traditioneller Unterrichtseinheiten zu den Inhalten Energieumwandlung, -entwertung und -erhaltung zu entwickeln.

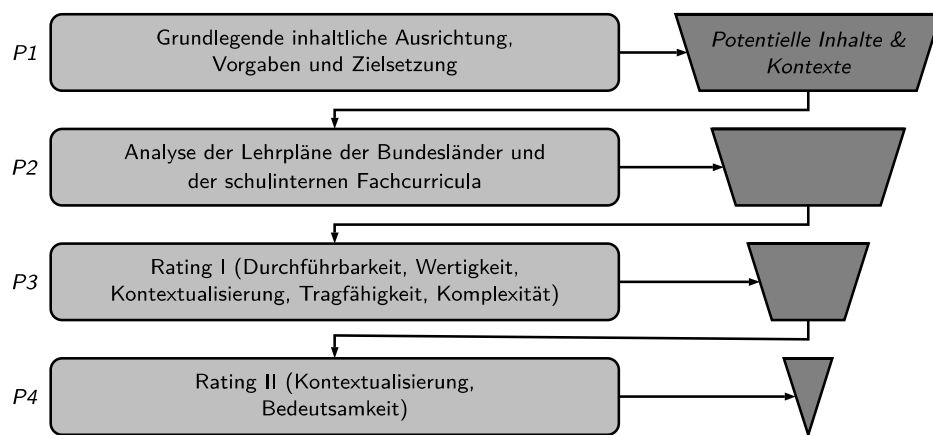


Abb. 2 Methodisches Vorgehen und Phasen zur Identifikation von Inhalten und Kontexten zur Entwicklung energiebezogener CRUs

#### Identifikation der Inhalte

Die grundlegende inhaltliche Ausrichtung sowie Vorgaben und Zielsetzung definieren den Rahmen für die Identifikation der Inhalte der CRUs in einem Unterrichtsgang zur Energie (Phase P1), der sowohl Jahrgangsstufen als auch Sachgebiete überspannt. Gemäß der Definition der CRUs sollen diese jeweils zwei Sachgebiete verknüpfen oder innerhalb eines Sachgebietes einen Transfer zwischen unterschiedlichen Komplexitätsniveaus ermöglichen. Um dies zu erfüllen, gilt es spezifische Inhalte für die Entwicklung von CRUs bestimmten Jahrgängen zuzuordnen. Dies erfordert, insbesondere bei einer Konzeption für mehrere Bundesländer, eine Analyse von Lehrplänen sowie schulinternen Curricula (Phase P2).

#### Identifikation der Kontexte

Die Auswahl von Kontexten und die Zuordnung zu Fachinhalten des Basiskonzepts Energie erfolgt in einem zweiphasigen Verfahren (Phasen P3 und P4) basierend auf insgesamt 18 Kriterien für geeignete kontextbezogene Fragestellungen, sogenannte Driving Questions (DQ). Die Kriterien ergeben sich aus einer Synthese bestehender Vorarbeiten und beziehen sich auf die Durchführbarkeit von zugehörigen Lehr-Lernaktivitäten, die Wertigkeit der Inhalte, die angemessene Kontextualisierung und Komplexität, die gegebene Bedeutsamkeit aus der Perspektive der Lernenden sowie eine hinreichende Tragfähigkeit mit Blick auf den zu realisierenden Unterricht (Krajcik, & Czerniak, 2014; Penuel & Bell, 2016). Basierend auf diesen Kriterien sollen Kontexte ausgewählt werden, die einerseits aus der Perspektive

von Lehrkräften geeignet sind, um Unterrichtseinheiten mit entsprechendem Kontextbezug praktisch umzusetzen und die andererseits von Lernenden als interessant und relevant eingeschätzt werden. Dafür wird zunächst in einem ersten Rating von Expertinnen und Experten der Fachdidaktik sowie Lehrkräften eine Vorauswahl an Kontexten getroffen (Phase P3, 13 Kriterien), die anschließend in einem zweiten Rating von Schülerinnen und Schülern hinsichtlich unterschiedlicher Kriterien der Bereiche Kontextualisierung und Bedeutsamkeit beurteilt werden (Phase P4, 5 Kriterien).

### **Ergebnis – Vernetzende CRUs**

Die im Rahmen des Projekts entwickelten CRUs fokussieren die Vernetzung von bestehendem Wissen zu Aspekten des Energiekonzepts. In diesem Sinne berücksichtigen sie insbesondere die Umwandlung von Energieformen – in Teilen ergänzt durch Aspekte der Energieentwertung und Energieerhaltung (Neumann & Nagy, 2013; Neumann, Viering, Boone & Fischer, 2013). Das folgende Beispiel erläutert einen Anlass zum Einsatz einer CRU: *Nach vertiefter Auseinandersetzung mit der Energieform kinetische Energie  $E_{\text{kin}}$  wurde mit der Lageenergie  $E_{\text{Lag}}$  bereits eine weitere Energieform eingeführt. Die Vertiefung von Konzepten zur Lageenergie (Transfer) mit Bezug zur kinetischen Energie (Vernetzung) nutzt die Lehrkraft eine CRU des Projekts.*

Sämtliche CRUs beinhalten dabei Features, die in vorherigen Analysen als bedeutsam für die Entwicklung von Lehr-Lernmaterialien identifiziert werden konnten (Roblin, Schunn & McKenney, 2018) und auch in inhaltlich vergleichbaren Curricula genutzt werden (Krajcik, Reiser, Sutherland & Fortus, 2012): Zunächst orientiert sich jede CRU (1.) an einer übergeordneten DQ, wie z.B. „Warum fährt eine Achterbahn auch ohne eigenen Antrieb rasend schnell?“. Damit einhergehend werden (2.) strukturierende und problemzentrierte Unterfragen im Sinne von Elementen eines Driving Question Boards, wie z.B. „Fahren alle Achterbahnen ohne eigenen Antrieb?“, genutzt (Weizman, Schwartz, & Fortus, 2008). Es werden (3.) fachliche Erläuterungen zum Hintergrund der DQ für die Lernenden, aber insbesondere auch für die Lehrkräfte, eingebracht und (4.) Lernvoraussetzungen, Lernziele sowie der spezifische Lehrplanbezug ausgeführt. Neben (5.) Informationen zu Vorstellungen der Lernenden bezogen auf den jeweiligen Inhalt der CRU, stellen letztlich (6.) die Lehr-Lernaktivitäten unterteilt nach den Unterfragen unter Berücksichtigung didaktischer Alternativen, wie z.B. alternativer Experimente, bei Einbezug klassischer und (innovativer) digitaler Elemente den Kern jeder CRU dar.

### **Ausblick**

Nach Abschluss der Entwicklung der CRUs und des CACS erfolgt die Erprobung von Inhalten mit etwa  $N = 30$  Lehrkräften gleichverteilt auf die Doppeljahrgänge 5/6, 7/8 und 9/10 in den Bundesländern Niedersachsen und Schleswig-Holstein (Interventionsgruppe). Ergänzend ist eine Kontrollgruppe mit ebenfalls  $N = 30$  Lehrkräften vorgesehen. Es erfolgt eine Evaluation von Schülerleistungen bezogen auf die Entwicklung physikalischer Kompetenz mithilfe des *Energy Concept Assessments* (Ding, Chabay & Sherwood, 2013) vor und nach dem Einsatz der CRUs zur Klärung der Fragestellung, inwieweit CRUs geeignet sind, um einen Beitrag zum kumulativen Aufbau physikalischer Kompetenz zu leisten. Weiterhin wird die Nutzung vorgegebener, aber adaptierbarer, digitaler CRUs im CACS durch Lehrkräfte analysiert, um die Frage zu untersuchen, wie Lehrkräfte eben diese digitalen Unterrichtseinheiten im Sinne basiskonzeptorientierten Unterrichts nutzen und individuell auf ihren Unterricht anpassen. Es soll ebenfalls untersucht werden, wie die digitale Plattform zu einer flexiblen Unterrichtsorganisation und individueller Förderung beitragen kann.

### Literatur

- Bransford, J., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (2000). How people learn. Brain, mind, experience, and school. Washington, DC: National Academic Press.
- Ding, L., Chabay, R. & Sherwood, B. (2013). How do students in an innovative principle-based mechanics course understand energy concepts? *Journal of Research in Science Teaching*, 50 (6), 722-747.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A. & Shouse, A. W. (2007). Taking science to school. Learning and teaching science in grade K-8. Washington, DC: National Academic Press.
- Krajcik, J. S. & Czerniak, C. M. (2014). Teaching Science in Elementary and Middle School – A Project-Based Approach. New York, NY: Routledge.
- Krajcik, J. S., Reiser, B., Sutherland, L. & Fortus, D. (2012). IQWST: Investigating and questioning our world through science and technology (middle school science curriculum materials). Greenwich, CT: Sangari Active Science.
- Neumann, K. & Nagy, G. (2013). Students' progression in understanding energy. Paper presented at the Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Rio Grande, Puerto Rico.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J. & Fischer, H. E. (2013). Towards a Learning Progression of Energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50 (2), 162-188.
- Penuel, W. R. & Bell, P. (2016). Qualities of good anchor phenomena for a coherent sequence of science lessons. Seattle, WA: UW Institut for Science & Mathematics Education.
- Roblin, N. P., Schunn, C. & McKenney, S. (2018). What are critical features of science curriculum materials that impact student and teacher outcomes? *Science Education*, 102 (2), 260-282.
- Sekretariat der Ständigen Kultusministerkonferenz der Länder der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Sumner, T. & CCS Team (2010). Customizing Science Instruction with Educational Digital Libraries. In J. Hunter, C. Lagoze, L. Giles & Y.-F. Li (Eds.), *JCDL '10 Proceedings of the 10th annual joint conference on Digital libraries*. New York, NY: ACM, 353-356.
- Weizman, A., Schwartz, Y. & Fortus, D. (2008). The driving question board – A visual organizer for project-based science. *Science Teacher Journal*, 75 (8), 33-37.

## Lorentz-Transformation elektromagnetischer Felder mit GAALOP

Das Programm-Tool GAALOP (Geometric Algebra Algorithms Optimizer, siehe Pitt et al. 2008–2018) kann in schulischen und hochschulischen Lernsituationen als speziell-relativistischer Taschenrechner-Ersatz eingesetzt werden, wenn die Spezielle Relativitätstheorie auf Grundlage der Clifford-Algebra dargestellt und diskutiert wird. Ursprünglich für den Einsatz im Rahmen von Problemstellungen der Informatik und zur stabilen Implementation geometrisch-algebraischer Programmierschritte gedacht (Hildenbrand et al. 2010), (Hildenbrand 2013), (Schwinn et al. 2010), (Steinmetz 2013), bietet GAALOP eine frei zugängliche und leicht handhabbare Möglichkeit, Rechnungen zur Geometrischen Algebra und zur Raumzeit-Algebra (Horn 2017, 2018) zeitsparend durchzuführen.

### Lorentz-Transformationen von Orten und Zeitpunkten

Auf vergangenen Jahrestagungen naturwissenschafts- und mathematikdidaktischer Fachverbände (Horn 2018c, d, e) wurde gezeigt, wie die Lorentz-Transformation von Orten und Zeitpunkten auf Grundlage der Raumzeit-Algebra (Hestenes 1967, 2002, 2003a, b), (Doran et al. 2003), (Snygg 1997) sehr einfach (Baumgarten 2017) und didaktisch elegant (Parra Serra 2009) mit Hilfe von GAALOP modelliert und entsprechende Aufgaben unter Einsatz von GAALOP gelöst werden können.

Grundlage dieser Beiträge (Horn 2018c, d, e) war unter anderem die Diskussion einer Abituraufgabe zur Speziellen Relativitätstheorie aus (Horn 2010). Dabei werden die räumlichen Koordinaten  $x$ ,  $y$ ,  $z$  und der Zeitpunkt  $t$  in Form eines geometrisch-algebraischen Vektors

$$\mathbf{r} = ct \gamma_t + x \gamma_x + y \gamma_y + z \gamma_z$$

als Linearkombination von raumzeitlichen Basisvektoren  $\gamma_t$ ,  $\gamma_x$ ,  $\gamma_y$ ,  $\gamma_z$  (die mathematisch durch Dirac-Matrizen repräsentiert werden können) zusammengefasst und durch eine raumzeitliche Rotation einer Lorentz-Transformation unterworfen. Um die Rotation für Lernende nachvollziehbar darzustellen, kann sie durch eine erste Reflexionen an der Winkelhalbierenden zwischen dem ursprünglichen und dem transformierten Koordinatensystem in Richtung des Vektors  $\mathbf{m}_1$  sowie eine zweite Reflexion an der Zeitachse in Richtung des Vektors  $\mathbf{n}_2$  modelliert werden.

Da Reflexionen in der Geometrischen Algebra und der Raumzeit-Algebra als Sandwich-Produkte (Horn 2015) geschrieben werden können, ergeben sich die Koordinatenwerte des transformierten Vektors  $\mathbf{r}_{\text{WOLF}}$  (Wolf ist der Beobachter) durch einfache Multiplikationen

$$\mathbf{r}_{\text{WOLF}} = \mathbf{n}_2 \mathbf{m}_1 \mathbf{r} \mathbf{m}_1 \mathbf{n}_2 / (\mathbf{m}_1 \mathbf{m}_1 \mathbf{n}_2 \mathbf{n}_2)$$

dieser Vektoren, die zur Vermeidung von unerwünschten Streckungen oder Stauchungen Einheitsvektoren sein sollten. Gegebenenfalls ist also eine Normierung dieser Reflexionsvektoren mit Hilfe einer Division durch die skalare Länge dieser Vektoren erforderlich.

### Darstellung elektromagnetischer Größen in der Raumzeit-Algebra

Die in (Horn 2018c, d, e) diskutierte Aufgabe wird im Folgenden modifiziert und um die Lorentz-Transformation elektrischer und magnetischer Felder (siehe nächste Seite) erweitert.



Dr. Pau führt eine längere wissenschaftliche Expedition durch. Dr. Wolf beobachtet ihn dabei. Dr. Pau startet seine Rakete im Ursprung des Inertialsystems von Dr. Wolf. Die Beschleunigungsphase ist dabei so kurz, dass sie vernachlässigt werden kann, da die Rakete von Dr. Pau innerhalb kürzester Zeit ihre konstante Endgeschwindigkeit erreicht.

Einige Zeit später befindet sich die Rakete von Dr. Pau im Inertialsystem von Dr. Wolf an der Position

$$\mathbf{r}_2 = 12 \text{ Lj } \gamma_t + 3 \text{ Lj } \gamma_x$$

Während seines Weiterflugs führt Dr. Pau Messungen der elektrischen und magnetischen Felder durch. Er stellt fest, dass sowohl die elektrische Feldstärke  $\mathbf{E}$  wie auch die magnetische Flussdichte  $\mathbf{B}$  konstant sind. Die Komponenten dieser homogenen Felder lauten in seinem Koordinatensystem:

$$\begin{array}{lll} E_x' = 1000 \text{ N/m} & E_y' = 3000 \text{ N/m} & E_z' = 5000 \text{ N/m} \\ B_x' = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T} & B_y' = 4 \cdot 10^{-5} \text{ T} & B_z' = 6 \cdot 10^{-5} \text{ T} \end{array}$$

Berechnen Sie die entsprechenden Feld-Komponenten im Inertialsystem von Dr. Wolf.

Die Lage und Relativbewegung der beiden Inertialsysteme von Dr. Wolf und Dr. Pau entsprechen vollkommen der ursprünglichen Aufgabe (Horn 2010), so dass die durchzuführende raumzeitliche Rotation als Lorentz-Transformation vollkommen den in (Horn 2018c, d, e) vorgestellten Lösungsansätzen entspricht.

Der wesentliche Diskussionspunkt wird sich somit auf die Darstellung der elektromagnetischen Feldgrößen beziehen. In konventioneller Herangehensweise der klassischen Physik werden diese elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten üblicherweise als Vektoren benannt und verstanden und in der konventionellen relativistischen Elektrodynamik konsequent zu einem Feldstärke-Tensor zusammengefasst.

Aus Sicht der Raumzeit-Algebra (Hestenes 2003b) handelt es sich geometrisch jedoch um orientierte Flächenstücke und algebraisch somit um Bivektoren. Elektrische Feldstärken werden dabei als rein räumliche Flächenstücke und magnetische Flussdichten als raumzeitliche Flächenstücke

$$\mathbf{E} = E_x \gamma_y \gamma_z + E_y \gamma_z \gamma_x + E_z \gamma_x \gamma_y \quad \mathbf{B} = B_x \gamma_x \gamma_t + B_y \gamma_y \gamma_t + B_z \gamma_z \gamma_t$$

gedeutet, so dass als speziell-relativistische Zusammenfassung dieser Größen der folgende elektromagnetische Bivektor gebildet wird:

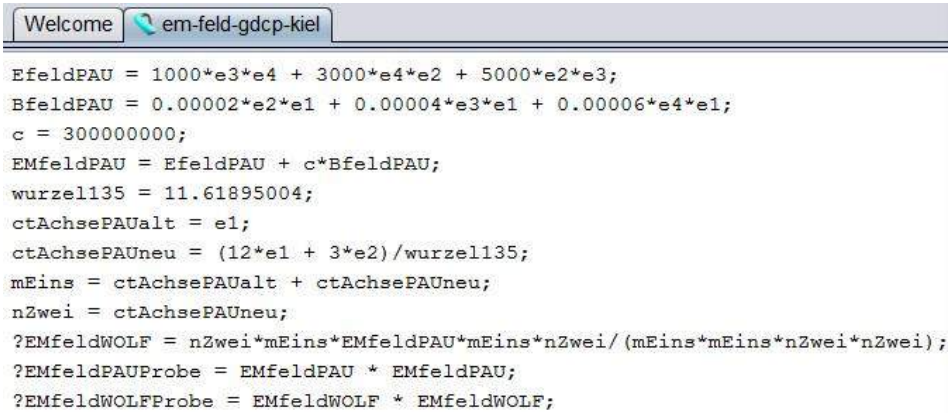
$$\mathbf{E}_{EM} = \mathbf{E} + c \mathbf{B} = E_x \gamma_y \gamma_z + E_y \gamma_z \gamma_x + E_z \gamma_x \gamma_y + c B_x \gamma_x \gamma_t + c B_y \gamma_y \gamma_t + c B_z \gamma_z \gamma_t$$

Dieser aus Sicht von Pau gegebene Bivektor ist nun speziell-relativistisch in das Inertialsystem von Wolf zu transformieren. Erneut kann dies nach (Horn 2015, Gl. 11) durch die einfachen Sandwich-Multiplikationen

$$\mathbf{E}_{EM-WOLF} = \mathbf{n}_2 \mathbf{m}_1 \mathbf{E}_{EM} \mathbf{m}_1 \mathbf{n}_2 / (\mathbf{m}_1 \mathbf{m}_1 \mathbf{n}_2 \mathbf{n}_2)$$

erfolgen. Um ein tieferes Verständnis für die rechnerischen Hintergründe zu erlangen, können und sollen diese konzeptuell nicht schwierigen Umformungen durch die Lernenden im Idealfall schrittweise von Hand durchgegangen werden. Sind entsprechende zeitliche Ressourcen für ein händisches Umrechnen nicht vorhanden, kann alternativ auf GAALOP zurückgegriffen werden. Die programmtechnische Umsetzung wird in Abb. 1 gezeigt.

Die Eleganz dieses Ansatzes zeigt sich dann durch die Knappheit in der Darstellung der Lorentz-Transformation: Es wird dafür lediglich eine einzige Programmzeile benötigt.



```

Welcome em-feld-gdcp-kiel

EfeldPAU = 1000*e3*e4 + 3000*e4*e2 + 5000*e2*e3;
BfeldPAU = 0.00002*e2*e1 + 0.00004*e3*e1 + 0.00006*e4*e1;
c = 300000000;
EMfeldPAU = EfeldPAU + c*BfeldPAU;
wurzell35 = 11.61895004;
ctAchsePAUalt = e1;
ctAchsePAUneu = (12*e1 + 3*e2)/wurzell35;
mEins = ctAchsePAUalt + ctAchsePAUneu;
nZwei = ctAchsePAUneu;
?EMfeldWOLF = nZwei*mEins*EMfeldPAU*mEins*nZwei/(mEins*mEins*nZwei*nZwei);
?EMfeldPAUProbe = EMfeldPAU * EMfeldPAU;
?EMfeldWOLFProbe = EMfeldWOLF * EMfeldWOLF;

```

Abb. 1: GAALOP-Programm zur Lorentz-Transformation elektromagnetischer Felder.

### Programmtechnische Umsetzung mit Hilfe von GAALOP

Das in Abb. 1 gezeigte Programm kann in drei Teile untergliedert werden. Zum einen werden in den ersten vier Zeilen die gegebenen Feldgrößen und in den darauffolgenden fünf Zeilen die Vektoren zur Repräsentation der Reflexionsachsen angegeben. Zum zweiten werden in der zehnten Programmzeile die Sandwich-Multiplikationen als zentraler Programmschritt durchgeführt, bevor drittens in den beiden letzten Programmzeilen eine Probe erfolgt.

Nach Aktivierung des **Optimize**-Buttons werden die erwarteten Lösungswerte von GAALOP ausgegeben, die sich bei zyklisch vertauschter Anordnung der Basisvektoren in Form von  $\mathbf{E}_{\mathbf{x}\text{-WOLF}} = 1000 \text{ N/m } \gamma_y \gamma_z$ ,  $\mathbf{E}_{\mathbf{y}\text{-WOLF}} = 7745,97 \text{ N/m } \gamma_z \gamma_x$ ,  $\mathbf{E}_{\mathbf{z}\text{-WOLF}} = 2065,59 \text{ N/m } \gamma_y \gamma_x$  und als  $\mathbf{c} \mathbf{B}_{\mathbf{x}\text{-WOLF}} = 6000 \text{ N/m } \gamma_x \gamma_t$ ,  $\mathbf{c} \mathbf{B}_{\mathbf{y}\text{-WOLF}} = 11102,55 \text{ N/m } \gamma_y \gamma_t$ ,  $\mathbf{c} \mathbf{B}_{\mathbf{z}\text{-WOLF}} = 19364,92 \text{ N/m } \gamma_z \gamma_t$  schreiben lassen, wobei die magnetische Flussdichte um die Lichtgeschwindigkeit erweitert wurde.

Eine Überprüfung dieser Ergebnisse kann durch Berechnung der Feldstärke-Invarianten erfolgen, die in der Raumzeit-Algebra konzeptuell einsichtig die Komponenten des Quadrats des Feldstärke-Bivektors darstellen und mit  $\mathbf{E}_{\text{EM}}^2 = \mathbf{E}_{\text{EM-WOLF}}^2$  das Ergebnis bestätigen.

Da das Programm hier lediglich als Taschenrechner-Ersatz genutzt wird, können die restlichen Zeilen der Ausgabe, die eine Einbindung in LaTeX-Programme ermöglichen, ignoriert werden. Das Programm-Tool GAALOP bietet somit eine effektive und anwenderfreundliche Taschenrechner-Alternative für Rechnungen zur Clifford-Algebra auch im Falle der speziell-relativistischen Transformation elektromagnetischer Felder.

### Ausblick

Die Spezielle Relativitätstheorie vereinheitlicht elektrische und magnetische Feldgrößen. Die volle Stärke dieser Idee einer Vereinheitlichung kommt allerdings erst dann zum Ausdruck, wenn die elektromagnetischen Größen  $\mathbf{E}_{\text{EM}}$  und der raumzeitliche Ortsvektor  $\mathbf{r}$  mit dem Proportionalitätsfaktor  $\alpha$  zu einer einzigen Größe  $\mathbf{R} = \mathbf{r} + \alpha \mathbf{E}_{\text{EM}}$  verschmolzen werden:

$$\mathbf{R} = ct \gamma_t + x \gamma_x + y \gamma_y + z \gamma_z + \alpha (E_x \gamma_y \gamma_z + E_y \gamma_z \gamma_x + E_z \gamma_x \gamma_y + c B_x \gamma_x \gamma_t + c B_y \gamma_y \gamma_t + c B_z \gamma_z \gamma_t)$$

Bei geschickter Wahl einer speziell-relativistischen Transformation werden sich somit auch Orte und Zeitpunkte in elektromagnetische Feldgrößen (und zurück) transformieren lassen.

## Literatur

- Baumgarten, C. (2017). The Simplest Form of the Lorentz Transformations. arXiv:1801.01840v1, 21.12.17
- Doran, C. & Lasenby, A. (2003). Geometric Algebra for Physicists. Cambridge: Cambridge University Press
- Hestenes, D. (1967). Real Spinor Fields. *Journal of Mathematical Physics*, Vol. 8, No. 4, 798-808
- Hestenes, D. (2002). *New Foundations for Classical Mechanics*. 2. Auflage, New York: Kluwer Academic Publishers
- Hestenes, D. (2003a). Oersted Medal Lecture 2002: Reforming the Mathematical Language of Physics. *American Journal of Physics*, Vol. 71, No. 2, 104-121
- Hestenes, D. (2003b). Spacetime Physics with Geometric Algebra. *American Journal of Physics*, Vol. 71, No. 7, 691-714
- Hildenbrand, D., Pitt, J. & Koch, A. (2010). Gaalop – High Performance Parallel Computing Based on Conformal Geometric Algebra. In E. Bayro-Corrochano & G. Scheuermann (Hrsg.). *Geometric Algebra Computing in Engineering and Computer Science*. London: Springer-Verlag, 477-494
- Hildenbrand, D. (2013). *Foundations of Geometric Algebra Computing*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag
- Horn, M.E. (2010). Die Raumzeit-Algebra im Abitur. In H. Grötzebach & V. Neumeier (Hrsg.). *PhyDid B – Didaktik der Physik*, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Hannover 2010, Beitrag 28.4, URL [21.12.2010] [www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/192](http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/192)
- Horn, M.E. (2015). Sandwich Products and Reflections. In H. Grötzebach & V. Nordmeier (Hrsg.). *PhyDid B – Didaktik der Physik*, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Wuppertal 2015, Beitrag DD 17.7, URL [17.12.2015] [www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/642](http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/642)
- Horn, M.E. (2017). Lösung einer Aufgabe zu Linearen Gleichungssystemen aus der Han-Dynastie mit GAALOP als Taschenrechner-Ersatz. In Institut für Mathematik der Universität Potsdam (Hrsg.). *BzMU 2017 – Beiträge zum Mathematikunterricht, Tagungsband der Jahrestagung der GDM 2017 in Potsdam*. Münster: WTM-Verlag, 461-464  
Erweiterte englische Fassung: Solutions of two Problems about Systems of Simultaneous Linear Equations from Old Babylonia and from the Han Period with GAALOP as a Pocket Calculator Substitute. Zur Veröffentlichung vorgesehen als Zusatzdatei des Beitrags (Horn 2018a)
- Horn, M.E. (2018a). Die Geometrische Algebra im Schnelldurchgang mit GAALOP. Zur Veröffentlichung vorgesehen in H. Grötzebach & V. Nordmeier (Hrsg.). *PhyDid B – Didaktik der Physik*, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Würzburg 2018
- Horn, M.E. (2018b). *Moderne Lineare Algebra: Geometrische Algebra mit GAALOP*. Übungsblätter des Moduls „Wirtschaftsmathematik“ der Bachelor-Poolveranstaltungen an der Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin, LV-Nr. 200 601.07, Sommersemester 2017  
Englische Fassung: *Modern Linear Algebra: Geometric Algebra with GAALOP*. Worksheets of the module „Mathematics for Business and Economics“ of joint first-year bachelor lessons at Berlin School of Economics and Law/Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin, LV-Nr. 200 691.01 & 400 691.01, Wintersemester 2017/2018  
Beide Fassungen sind zur Veröffentlichung vorgesehen als Zusatzdateien des Beitrag (Horn 2018a)
- Horn, M.E. (2018c). Lorentz-Transformationen mit GAALOP. Zur Veröffentlichung vorgesehen in H. Grötzebach & V. Nordmeier (Hrsg.). *PhyDid B – Didaktik der Physik*, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Würzburg 2018
- Horn, M.E. (2018d). GAALOP als speziell-relativistischer Taschenrechner. In C. Maurer (Hrsg.). *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 38, Tagungsband zur Jahrestagung in Regensburg 2017: Universität Regensburg, 703-706
- Horn, M.E. (2018e). Die aber auch allereinfachste Darstellung der Lorentz-Transformation mit und ohne GAALOP. In BzMU 2018 – Beiträge zum Mathematikunterricht, Tagungsband der gemeinsamen Jahrestagung der GDM und DMV in Paderborn 2018. Münster: WTM-Verlag, 835-838
- Parra Serra, J.M. (2009). Clifford Algebra and the Didactics of Mathematics. In *Advances in Applied Clifford Algebras*, Vol. 19, No. 3/4, 819-834
- Pitt, J., Hildenbrand, D., Schwinn, C., Charrier, P. & Steinmetz, C. (GAALOP-Entwicklerteam 2008–2018). Homepage des Geometric Algebra Algorithms Optimizer GAALOP. URL [15.10.2018] [www.gaalop.de](http://www.gaalop.de)
- Schwinn, C., Hildenbrand, D., Stock, F. & Koch, A. (2010). Gaalop 2.0 – A Geometric Algebra Algorithm Compiler. In V. Skala, E. Hitzler (Hrsg.): *GraVisMa 2010 Workshop Proceedings*. Second International Workshop on Computer Graphics, Computer Vision and Mathematics, Plzen: Union Agency, 1-8
- Steinmetz, C. (2013). Examination of new Geometric Algebras Including a Visualization and Integration in a Geometric Algebra Compiler [Untersuchungen neuer geometrischer Algebren mit Visualisierung und Integration in einen Geometrische Algebra Compiler], Master-Thesis vom 24. April 2013, vorgelegt im Studienbereich Computational Engineering der Technischen Universität Darmstadt
- Snygg, J. (1997). *Clifford Algebra. A Computational Tool for Physicists*. New York, Oxford: Oxford University Press

### Theoriebezüge von Lehramtsstudierenden beim Diagnostizieren

In der Lehrerbildungsforschung wird die diagnostische Kompetenz von Lehrkräften als ein zentrales Element von adaptiver Unterrichtsgestaltung für heterogene Lerngruppen eingeordnet (Beck, 2008). Erst durch eine Diagnostik ist es Lehrkräften möglich, individuelles Lernen zu optimieren und dadurch Schüler\*innen fördern zu können (Ingenkamp & Lissmann, 2008, S. 13). Diagnostik umfasst dabei eine angemessen genaue Einschätzung von Kompetenzen und Lernfortschritten von Schüler\*innen sowie die Kompetenzanforderungen von Aufgaben und ist nicht nur auf einen der beiden Aspekte limitiert. Sie stellt damit eine wichtige Komponente des professionellen Wissens von Lehrkräften dar (v. Aufschnaiter et al., 2015; vgl. Weinert, 2000).

#### Komponenten eines Diagnoseprozesses

Für den Diagnoseprozess von (angehenden) Lehrkräften lassen sich fünf charakteristische Komponenten modellieren (siehe Abb. 1): Zu Beginn des Diagnoseprozesses werden Daten (1) gesichtet, die auch selbst erhoben sein können, um förderrelevante Beobachtungen (2) zu beschreiben, welche eine differenzierte Deutung (3) ermöglichen. Mit dem Ergründen einer möglichen Ursache (4) lassen sich gemeinsam mit den Beobachtungen und Deutungen differenziert Konsequenzen (5) für die Förderung ableiten, welche wiederum den Ausgangspunkt für das konkrete Konzipieren oder Überarbeiten von Fördermaßnahmen darstellen. Was hier durch die Aufzählung der Komponenten wie ein linearer Ablauf anmutet, ist viel mehr als ein iterativer Prozess zu sehen, in dem Beobachtungen z. B. auch nach Deutungen geäußert werden können. Darüber hinaus sind auch alternative Deutungen, Ursachen und Konsequenzen möglich (Beretz, Lengnink & v. Aufschnaiter, 2017, S. 150f).

Um zielgerichtet und differenziert diagnostizieren zu können, sind Theoriebezüge hilfreich. Dies sind z. B. Niveaumodelle wie Learning Progressions, eine Abfolge von Ebenen, die ein zunehmend fortgeschrittenes Verständnis eines Konzeptes beschreiben (u. a. Alonzo, 2012), oder Konzeptualisierungsniveaus (v. Aufschnaiter & Rogge, 2010). Zu solchen ‚Theoriebezügen‘ gehören immer auch empirische Befundlagen, die vor dem Hintergrund der zugehörigen Theorien gewonnen werden, z. B. zu typischen Vorstellungen von Schüler\*innen auf einem bestimmten Niveau oder zu typischen Lernwegen. Im Diagnoseprozess können Theoriebezüge bei der Ableitung einer diagnostischen Frage unterstützen, vor deren Hintergrund Daten (1) erhoben und gesichtet werden. Zum Beschreiben förderrelevanter Beobachtungen (2) können Theoriebezüge hilfreich sein, um eine Orientierung auf relevante Aspekte zu legen. So kann z. B. eine Learning Progression helfen, beim Beobachten den Fokus auf die genaue Formulierung der Schüler\*innen zu einem bestimmten fachlichen Konzept zu legen. Bei der Deutung (3) liefern Theoriebezüge mögliche Kriterien, um die Beobachtungen vor dem Hintergrund ‚typischer‘ Befundlagen einordnen zu können. Mit Hilfe von Learning Progressions könnte eine Lehrkraft z. B. deuten, dass Schüler\*innen einen bestimmten Sachverhalt auf einem Niveau anscheinend schon verstehen, während ein anderer Sachverhalt noch auf einem niedrigeren Niveau verstanden zu sein scheint. Dies kann auch helfen, bei einer Deutung das Verständnis nicht dichotom in ‚richtig‘ oder ‚falsch‘ einzuordnen, sondern besonders an dieser Stelle differenziert deuten zu können. Für die Ursachenforschung (4) geben Theoriebezüge Hinweise auf mögliche Gründe für das Denken und Handeln von Schüler\*innen in der Situation. Vielleicht regt eine Aufgabe ja eine bestimmte Denkweise an,

die eher dazu führt, dass die Schüler\*innen sich auf einem eher niedrigeren Niveau einer Learning Progression wiederfinden oder die Schüler\*innen sind in ihrem Verständnis generell noch auf einem niedrigeren Niveau und haben deshalb Schwierigkeiten, die Aufgaben (für die ein höheres Niveau benötigt wird) zu bearbeiten. Hieraus folgt klar, dass Theoriebezüge auch das Ableiten von Konsequenzen (5), konkret das Ableiten der nächsten Lernschritte, unterstützen.

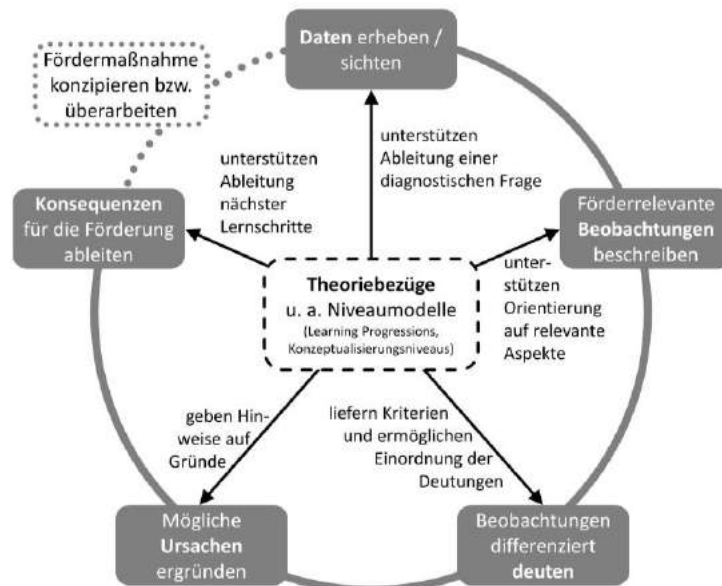


Abb. 1: Komponenten eines Diagnoseprozesses und Erträge von Theoriebezügen (in Anlehnung an v. Aufschnaiter, Münster & Beretz, 2018)

### Forschungsfragen

Im Projekt soll untersucht werden, wie sich die Diagnoseprozesse von Lehramtsstudierenden mit dem Fach Physik darstellen und wie sich Studierende einen ausgewählten Theoriebezug, in diesem Fall Learning Progressions, in einer physikdidaktischen Lehrveranstaltung aneignen und für ihre Diagnostik nutzen. Dafür ergeben sich vier zentrale Forschungsfragen:

- F1: Welche Komponenten thematisieren die Studierenden in ihrem Diagnoseprozess?
- F2: Wie beziehen die Studierenden die einzelnen Komponenten aufeinander?
- F3: Welche Theoriebezüge zeigen sich im Diagnoseprozess?
- F4: Welcher Zusammenhang besteht zwischen den in F3 identifizierten Bezügen und der Auseinandersetzung der Studierenden mit der dazu gehörigen Theorie (insbesondere Learning Progressions) in der physikdidaktischen Lehrveranstaltung?

### Setting, Daten und Auswertung

Die Hauptdatenerhebung findet in einer physikdidaktischen Lehrveranstaltung zu Diagnostik im Wintersemester 18/19 (sowie ggf. im Wintersemester 19/20) statt. In der Lehrveranstaltung werden zentrale Aspekte der Diagnostik und mögliche Theoriebezüge (u. a. Learning Progressions) thematisiert. Das Bearbeiten von Schülervignetten (Video-, Produkt- und Transkriptvignetten) in Kleingruppen von 2-4 Studierenden ist dabei zentraler Bestandteil der Lehrveranstaltung. Neben der Lehrveranstaltung im Wintersemester findet außerdem im jeweils folgenden Sommersemester eine einzelne Sitzung statt, die Learning Progressions als Rahmen für die Konstruktion von diagnostischen Aufgaben aufgreift. Die Studierenden, die

die Lehrveranstaltung besuchen, haben nach Studienverlaufsplan bereits ein einführendes Modul der Physikdidaktik abgeschlossen und sind im 3. bzw. 5. Fachsemester (HR bzw. Gym).

#### *Erhebung*

Für die geplante Erhebung wird mit einer Teilnehmerzahl von  $N = 15$  Studierenden gerechnet. Daten werden in 7 Sitzungen der Lehrveranstaltung im Wintersemester und in der einzelnen Sitzung im Sommersemester erhoben. Bei der Auswahl der zu erhebenden Sitzungen wurde besonders darauf geachtet, die Einführung in die Komponenten der Diagnostik und die Einführung einer Learning Progression zu Kraft und Bewegung (Alonzo, 2012) zu erfassen (3 Sitzungen) sowie 4 Sitzungen zum Ende der Lehrveranstaltung, bei denen auf die thematisierte Learning Progression für weitere Themen aus der Mechanik zurückgegriffen werden soll.

#### *Methodisches Vorgehen*

Die ausgewählten Sitzungen werden vollständig mit einer Kamera pro Studierendengruppe, die in die Erhebung einwilligt, auf Video aufgezeichnet. Nach unseren bisherigen Erfahrungen sind das typischerweise mehr als 80% der Studierenden eines Kurses. Ergänzend werden alle Arbeitsprodukte (z. B. ausgefüllte Arbeitsblätter und Diagnosebögen) erfasst. Die Datenquellen sollen kategorienbasiert und sequenzanalytisch ausgewertet werden (vgl. Beretz, Lengnink & v. Aufschnaiter, 2017; v. Aufschnaiter & Alonzo, 2018), wobei sich hierbei das methodische Vorgehen für die Forschungsfragen unterscheiden kann. In Bezug zu F1 soll das Auftreten der Komponenten Beobachtung, Deutung, Ursache und Konsequenz kategorial analysiert werden. Zum Erfassen der Theoriebezüge (F3 und F4) kann es hilfreich sein, qualitativ genauer zu untersuchen, wie und in welcher Qualität sie von den Studierenden konstruiert werden. Darüber hinaus kann differenziert erfasst werden, wie die Studierenden die einzelnen Komponenten inhaltlich aufeinander beziehen bzw. miteinander verbinden (F2). Zu F4 soll die Aktivität der Studierenden kategorienbasiert untersucht werden, also in welcher Art sich die Studierenden vor dem Diagnostizieren in der Lehrveranstaltung mit der Theorie auseinandergesetzt haben.

Das hier beschriebene Vorgehen wurde bereits im Studienjahr 17/18 in einer Vorerhebung mit  $N = 11$  Studierenden erprobt, was eine geringfügige inhaltliche Anpassung der Lehrveranstaltung nach sich zog. Insbesondere die Zeitfenster für die Bearbeitung diagnostischer Aufgaben erwiesen sich teilweise als zu knapp, um hinreichend Raum für die umfassenden Diskussionen der Studierenden zu schaffen. Neben der Durchführung der Haupterhebung im Studienjahr 18/19 ist besonders das Ausschärfen des methodischen Vorgehens, speziell in Bezug zu F3 und F4, von besonderem Interesse. Des Weiteren sind wichtige nächste Schritte die Entwicklung und Validierung eines Kategoriensystems.

### Literatur

- Alonzo, A. C. (2012). Learning progressions: Significant promise, significant challenge. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15, 95–109.
- Aufschnaiter, C. v. & Alonzo, A. C. (2018). Foundations of formative assessment: Introducing a learning progression to guide preservice physics teachers' video-based interpretation of student thinking. *Applied Measurement in Education*, 31, 113–127.
- Aufschnaiter, C. v., Münster, C. & Beretz, A.-K. (2018). Zielgerichtet und differenziert diagnostizieren. *MNU-Journal*, 71(6), 10 Seiten (im Druck).
- Aufschnaiter, C. v., Cappell, J., Dübbele, G., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J., . . . Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz: Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 61(5), 738–757.
- Aufschnaiter, C. v. & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 95–114.
- Beck, E. (2008). *Adaptive Lehrkompetenz: Analyse und Struktur, Veränderbarkeit und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens*. Münster: Waxmann.
- Beretz, A.-K., Lengnink, K. & Aufschnaiter, C. v. (2017). Diagnostische Kompetenz gezielt fördern – Videoeinsatz im Lehramtsstudium Mathematik und Physik. In C. Selzer, S. Hußmann, C. Hößle, C. Knipping, K. Lengnink & J. Michaelis (Hrsg.), *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen: Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung* (S. 149–168). Münster: Waxmann.
- Ingenkamp, K. & Lissmann, U. (2008). *Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik* (6. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Weinert, F. E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft - Ansprüche an das Lernen in der Schule. *Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz*, 2, 1–16.

## **Ermittlung von Kriterien zu Diagnose- und Planungsfähigkeiten von Lernervorstellungen**

### **Ausgangslage und Zielsetzung**

In vielen Modellen zur Lehrkräfteprofessionalisierung (z. B. PCK) spielen die Diagnose von Lernervorstellungen und deren Berücksichtigung im Rahmen der Unterrichtsplanung eine zentrale Rolle. (Angehende) Lehrkräfte offenbaren allerdings vielfältige haltungs-, wissen- oder handlungsbezogene Schwierigkeiten bezüglich beider Facetten (z.B. Morrison & Lederman, 2003). Eine Aufgabe der fachdidaktischen Lehrerbildung ist es daher, den Studierenden Möglichkeiten zu bieten, theoretisches Wissen sowie darauf bezogene praktische Fertigkeiten zu erwerben, um Lehr-Lern-Situationen zu analysieren, angemessen zu handeln und über ihre Handlungen zu reflektieren (vgl. auch Fischer et al., 2003). Dies zeigt sich auch in den entsprechenden curricularen Vorgaben und Standards (z.B. Kultusministerkonferenz, 2017). Der Einsatz von Videovignetten im Rahmen des fallbasierten Lernens scheint eine geeignete Methode zu sein, um den genannten Desiderata entgegenzuwirken (Dannemann, Heeg, & Schanze, in press). Die hierbei verwendeten Videos zeigen Schülerinnen bzw. Schüler beim kollaborativen Austausch über ein chemisches Phänomen (Heeg & Schanze, 2018). Grundlage für die Erstellung einer Videovignette sind Lernendenaussagen, aus denen sich typische Lernervorstellungen rekonstruieren lassen.

Um die Wirksamkeit der eingesetzten Fälle hinsichtlich der Förderung von Diagnose- und Planungsfähigkeiten zu prüfen, werden entsprechende Kriterien benötigt. Eine Möglichkeit zur Generierung dieser Kriterien ist die Analyse von Modellierungen zur Lehrkräfteprofessionalisierung. Jedoch finden sich in bisherigen Modellierungen viele unterschiedliche oder ungenaue Beschreibungen der genannten Facetten (vgl. auch Gramzow, Riese, & Reinhold, 2013). Ein denkbarer Grund hierfür könnte in den unterschiedlichen Auffassungen des zugrundeliegenden Konstrukts der Lernervorstellungen liegen. Auch lassen sich bezogen auf das allgemeine Verständnis (Larkin, 2012) bzw. die Nutzung bestimmter Termini (Abimbola, 1988) oder bezogen auf einzelne Themenbereiche (Rath, 2017) vielfältige, teils widersprüchliche Auffassungen feststellen. Entsprechend hat das hier vorgestellte Projekt die folgenden Ziele:

- Die fachliche Klärung (Kattmann, Duit, Gropengießer, & Komorek, 1997) des Konstrukts Lernervorstellungen, verbunden mit einer normativen Festlegung eines theoretischen Rahmens sowie
- aufbauend darauf die deduktive Ermittlung von Kriterien zur Diagnose und Planung und deren induktive Überprüfung.

### **Vorgehensweise und aktueller Stand**

Zum Erreichen der Ziele wird daher ein mehrschrittiger, rekursiver Prozess in Anlehnung an die qualitative Inhaltsanalyse (Gropengießer, 2008) durchgeführt. Für den ersten Schritt werden Aussagen zu Lernervorstellungen aus fachdidaktischen Lehrwerken (z.B. Barke, Harsch, Kröger, & Marohn, 2018; Kattmann, 2017; Kircher, Girwidz, & Häußler, 2015) kategorisiert. Anschließend werden aus diesen Aussagen Konzepte gebildet. Darauf



aufbauend findet in einem nächsten Schritt eine theoriegeleitete Re-Analyse und Kategorisierung von Kriterien aus Modellierungen des Professionswissens (Gramzow et al., 2013) sowie der Diagnose- bzw. Planungskompetenzen (z.B. Rath, 2017) als auch aus unterrichtspraktischen Publikationen (z.B. Feige, Rutsch, Dörfler, & Rehm, 2017; Reinfried, Mathis, & Kattmann, 2009) statt. Abschließend werden theoriekonsistente Kriterien adaptiert und zusammengeführt. In dem darauffolgenden Schritt werden diese Kriterien auf der Grundlage zweier Erhebungen mit  $N_{\text{ges}} = 19$  Bachelor-Studierenden (2-6 Semester) induktiv evaluiert. Als Datengrundlage dienen videografierte Bearbeitungen, eingesammelte schriftliche Aufgabenbearbeitungen sowie Reflexionsaufgaben und Interviews mit den Studierenden.

Aktuell befindet sich das Vorhaben in der ersten Phase. Es liegen aber bereits Daten sowie erste qualitativ inhaltsanalytische Auswertungen aus der dritten Phase vor (Dannemann et al., in press; Heeg & Schanze, in press).

### **Ausgewählte Ergebnisse**

In den jeweiligen fachdidaktischen Lehrwerken und den grundlegenden Publikationen finden sich eine Bandbreite an verschiedenen theoretischen Ansätzen bspw. zur Definition, Herkunft oder auch zum Umgang mit Lernervorstellungen. Hierauf aufbauend lassen sich die nachfolgenden Kategorien ableiten (vgl. hierzu auch Barthmann, 2018):

- Definition, Beschreibungen bzw. Benennungen der Vorstellungen von Lernenden
- Charakterisierung ihres Bezugsbereiches und ihres Nutzens
- Ursprung der Vorstellungen
- Bedeutung für den Lehr-/Lernprozess
- Bewertung hinsichtlich der Übereinstimmung mit wissenschaftlich anerkannten Vorstellungen
- Umgang innerhalb von Lehr-Lernprozessen (Diagnose und Planung)

Aktuell wird eine Festlegung auf die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (Gropengießer, 2007) aufgrund ihres Potentials zur Analyse von fachlichen Verstehensprozessen (z.B. Baalman, Frerichs, Weitzel, Gropengießer, & Kattmann, 2004; Conrad, 2014; Marsch, 2009; Rütten, 2016) sowie aufgrund der begründeten Auswahl bzw. Planung von Lernangeboten angestrebt.

Die ersten qualitativ inhaltsanalytischen Auswertungen der Daten in Bezug auf den letzten Schritt (induktive Überprüfung) zeigen, dass die Perspektive der Studierenden auf Lernervorstellungen und deren Bedeutungszuschreibung zentrale Faktoren sind, die die Diagnose und Planung beeinflussen (Dannemann et al., in press; Heeg & Schanze, in press).

## Literatur

- Abimbola, I. O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72(2), 175–184.
- Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung - Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 10, 7–28.
- Barke, H.-D., Harsch, G., Kröger, S., & Marohn, A. (2018). *Chemiedidaktik kompakt*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Barthmann, K. (2018). Vorstellungen von Geographielehrkräften über Schülervorstellungen und den Umgang mit ihnen in der Unterrichtspraxis (Dissertation). Universität, Bayreuth.
- Conrad, D. S. (2014). Erfahrungsbasiertes Verstehen geowissenschaftlicher Phänomene: Eine didaktische Rekonstruktion des Systems Plattentektonik (Dissertation). Universität Bayreuth, Bayreuth.
- Dannemann, S., Heeg, J., & Schanze, S. (in press). Fallbasierte Förderung der Diagnose- und Planungsfähigkeiten von Lehramtsstudierenden. Lernen mit Videovignetten in der Biologie- und Chemiedidaktik. In T. Leuders, E. Christophel, M. Hemmer, F. Korneck, & P. Labudde (Eds.), *Fachdidaktische Forschung zur Lehrerbildung*. Münster: Waxmann.
- Feige, E.-M., Rutsch, J., Dörfler, T., & Rehm, M. (2017). Von der Alltagsvorstellung zum fachwissenschaftlichen Konzept: Schülervorstellungen diagnostizieren und weiterentwickeln. *Unterricht Chemie*, 28(159), 2–8.
- Fischer, H. E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Tiemann, R., & Wirth, J. (2003). Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 9, 179–209.
- Gramzow, Y., Riese, J., & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 19, 7–30.
- Gropengießer, H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Springer-Lehrbuch. Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (pp. 105–116). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Eds.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (pp. 172–189). Beltz Weinheim.
- Heeg, J., & Schanze, S. (in press). Die Schaffung einer wertschätzenden Studierendenperspektive auf Lernervorstellungen: Ein Beitrag zu einer chemiedidaktischen Teilfacette der Reflektierten Handlungsfähigkeit. In J. Gillen, S. Dannemann, Y. von Roux, A. Krüger, & M. Lueder (Eds.), *Beiträge zur Förderung und Entwicklung Reflektierter Handlungsfähigkeit in der ersten Phase der Lehrer(innen)bildung..* Münster: Waxmann Verlag GmbH.
- Heeg, J., & Schanze, S. (2018). Förderung chemiedidaktischen Wissens mittels Video-Fallvignetten. In C. Maurer (Ed.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen* (pp. 711–713). Regensburg: Universität Regensburg.
- Kattmann, U. (Ed.). (2017). *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen: Didaktische Rekonstruktion in Unterrichtseinheiten* (1. Auflage). Seelze: Klett/Kallmeyer.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion: Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (Eds.). (2015). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kultusministerkonferenz. (2017). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Berlin, Bonn.
- Larkin, D. (2012). Misconceptions about “misconceptions”: Preservice secondary science teachers' views on the value and role of student ideas. *Science Education*, 96(5), 927–959.
- Marsch, S. (2009). Metaphern des Lehrens und Lernens: Vom Denken, Reden und Handeln bei Biologielehrern (Dissertation). Freien Universität Berlin, Berlin.
- Morrison, J. A., & Lederman, N. G. (2003). Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. *Science Education*, 87(6), 849–867.
- Rath, V. (2017). Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften (Dissertation). Logos Verlag Berlin GmbH.
- Reinfried, S., Mathis, C., & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge Zur Lehrerbildung*, 27(3), 404–414.
- Rütten, C. (2016). *Sichtweisen von Grundschulkindern auf negative Zahlen: Metaphernanalytisch orientierte Erkundungen im Rahmen didaktischer Rekonstruktion*. SpringerLink : Bücher. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Valentin Wider<sup>1</sup>  
 Martin Schwichow<sup>1</sup>  
 Silke Mikelskis-Seifert<sup>1</sup>

Pädagogische Hochschule Freiburg<sup>1</sup>

## **Diagnostizieren von Modellvorstellungen im Physikunterricht**

### **Theoretischer Hintergrund**

Um lernwirksamen adaptiven Unterricht zu gestalten müssen Lehrkräfte den Lernstand ihrer Schülerinnen und Schüler diagnostizieren können (Südkamp und Praetorius, 2017). Empirische Erkenntnisse bezüglich des Einflusses diagnostischer Kompetenz auf die Wirksamkeit von Unterricht sind hierbei allerdings in nur unzureichendem Maße vorhanden (Rath, 2017). Dennoch gibt es für die Bedeutung diagnostischer Fähigkeiten für den Erfolg von Physikunterricht Indizien. Merzyn (2015) etwa nennt elf Merkmale guten Physikunterrichts, die alle implizit oder explizit Wissen über Interessen, Schülervorstellungen, Lernvoraussetzungen, kurz Wissen über die Schülerinnen und Schüler voraussetzen.

Ufer und Leutner (2017) verstehen unter diagnostischer Kompetenz, angelehnt an den Kompetenzbegriff nach Weinert, sämtliche kognitiven Fähigkeiten sowie motivationalen Voraussetzungen, welche zur Bewältigung der im Arbeitsalltag von Lehrkräften anfallenden diagnostischen Aufgaben erforderlich sind. Nach Südkamp und Praetorius wird in der empirischen Forschung die Definition meist aus Gründen der Operationalisierung verengt und „als die Fähigkeit beschrieben, Schüler- und Aufgabenmerkmale korrekt zu beurteilen“ (Südkamp und Praetorius, 2017, S. 14). Diese Verengung der Diagnostik auf die Urteilsakkuratheit muss allerdings kritisch betrachtet werden. So merkt Abs (2007) zurecht an, dass sich Diagnostik im pädagogischen Bereich nie im Messen und Summieren von Merkmalen erschöpft. Modellierungen, welche auch andere Aspekte der diagnostischen Kompetenz betrachten, werden bei Südkamp und Praetorius (2017) oder auch Leuders, Dörfler, Leuders & Philipp (2018) diskutiert.

Wenn die diagnostische Kompetenz als eine der Voraussetzungen für adaptives Unterrichten angesehen wird, kann sich ihre Operationalisierung nicht nur auf die Urteilsakkuratheit beschränken, sondern muss den diagnostischen Prozess (Informationserfassung und –verarbeitung (Behrmann & van Ophuysen, 2017) mitbetrachten. In verschiedenen Ansätzen wird dies bereits versucht (Krolak-Schwerdt, Böhmer & Gräsler, 2009; Rath, 2017). Im Rahmen des Promotionskollegs „Diagnostische Kompetenzen von Lehrkräften“ (DiaKom) wird daher ein Modell verwendet, welches in Anlehnung an Blömeke, Gustafsson & Shavelson (2015) „Kompetenzen als Kontinuum“ betrachtet (Leuders und Loibl, 2018). Im DiaKom-Modell wird davon ausgegangen, dass nicht nur die Dispositionen der Lehrkraft, sondern auch die Situationseigenschaften Einfluss auf die Urteilsprozesse haben, welche wiederum in der Performanz der Lehrkräfte resultieren (Leuders und Loibl, 2018).

Eine wichtige Disposition für diagnostische Kompetenz im Physikunterricht ist das Wissen über den Unterrichtsgegenstand (Physik und ihre Methoden) sowie der Lernvoraussetzungen und Unterrichtsmethoden. Diese Studie fokussiert dabei auf die Modellvorstellungen der Lehrkräfte.

Im Physikunterricht müssen die Schülerinnen und Schüler Phänomene erklären, Vorhersagen treffen, empirische Daten theoriegestützt interpretieren und/oder Probleme lösen. Für diese Aufgaben ist es notwendig, dass die Schülerinnen und Schüler angemessen mit Modellen umgehen können (Mikelskis-Seifert, 2010). Für die Förderung der Modellvorstellungen ist es wichtig, dass die Lehrkräfte den Lernschwierigkeiten beim Modellieren aktiv begegnen. Sie müssen die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler einschätzen und ihr pädagogisches

Handeln daran orientieren. Da die Modellvorstellungen der Schülerinnen und Schüler aber auch der Lehrkräfte bisher nicht im notwendigen Maße ausgeprägt sind (Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2002; Leisner 2005; Borrmann, Reinhardt, Krell & Krüger, 2014; Terzer und Upmeyer zu Belzen, 2007), kann man davon auszugehen, dass auch die aktive Förderung im Unterricht und die der Förderung zugrundeliegenden Diagnose nur unzureichend stattfindet. Wir interessieren uns daher für die Wahrnehmung (selective attention) und wissensbasiert Interpretation (knowledge-based reasoning) von Lehrkräften in Situationen, in denen Schülerinnen und Schüler mit Modellen arbeiten und/oder über diese diskutieren (Sherin und van Es, 2009). In wie weit die Teilprozesse modelliert und empirisch getrennt werden können ist jedoch umstritten. Wöhlke und Höttecke kommen zu der Erkenntnis, dass dies nur sehr eingeschränkt möglich ist (Wöhlke und Höttecke in diesem Band).

Es ist anzunehmen, dass beim Umgang mit den Modellvorstellungen der Schülerinnen und Schüler sehr verschiedene Wissensfacetten eine Rolle spielen. Hierbei scheinen besonders die eigenen Modellvorstellungen der Lehrkräfte relevant zu sein. Zudem sind die bisherigen Erkenntnisse aus Erhebungen zu Modellvorstellungen von Lehrkräften, gerade im Hinblick auf etwaige Teilkonstrukte nicht konsistent (Borrmann et al., 2014). Da bisherige Erhebungen Modellvorstellungen auf einer abstrakten modellunabhängigen Ebene abfragen ist anzunehmen, dass die Modellvorstellungen zumindest in Teilen modellspezifisch sind. Leisner (2005) bietet hierzu mit der Trennung zwischen Modellverständnis und Modelleigenschaften eine theoretische Grundlage. Das Modellverständnis ist hierbei als Teil des Wissenschaftsverständnisses zu sehen. Die Modelleigenschaften sind im Bereich des PCK zu verorten (Leisner, 2005).

Da die Urteilsprozesse im Unterricht in kurzer Zeit ablaufen, ist davon auszugehen das implizite Überzeugungen der Lehrkräfte eine wichtige Rolle bei der Diagnostik spielen. Nach Meschede, Fiebranz, Möller & Steffensky (2017) haben transmissive Überzeugungen einen negativen Einfluss auf die Unterrichtswahrnehmung. Der Einfluss der Überzeugungen auf das Unterrichtshandeln ist jedoch umstritten (Leuchter, Pauli, Reusser & Lipowsky, 2006; Seidel, 2006). Kleickmann (2008) konnte allerdings einen Zusammenhang zwischen Überzeugungen der Lehrkräfte und dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler aufzeigen. Über das Zusammenwirken der Überzeugungen und Wissen sowie deren Einfluss auf kognitive Prozesse der Lehrkräfte ist jedoch wenig bekannt.

### **Forschungsfragen**

- Welche Lehr- und Lernüberzeugungen und Modellvorstellungen haben Lehrkräfte?
- Inwiefern besteht ein Zusammenhang zwischen den Lehr- und Lernüberzeugungen und den Modellvorstellungen der Lehrkräfte?
- Inwiefern beeinflussen Lehr- und Lernüberzeugungen und Modellvorstellungen die Urteilsprozesse beim Diagnostizieren von Lehrkräften?

### **Methode**

Die ersten beiden Forschungsfragen werden mit Hilfe eines quantitativen Onlinefragebogen beantwortet. Für den Fragebogen zu den Modellvorstellungen sowie zu den Lehr- und Lernüberzeugungen wurden aus der Forschung bekannte Instrumente adaptiert. So wurden einerseits die Lehr- und Lernüberzeugungs-Items aus der Arbeit von Kleickmann (2008) verwendet. Andererseits wurden die Modellvorstellungen der Lehrkräfte mit identischen Items zu zwei unterschiedlichen Modellen, die in Anlehnung an van Driel und Verloop (1999) entwickelt wurden erhoben. Die Auswahl der Modelle orientierte sich am Bildungsplan von

Baden-Württemberg und soll die Modellvorstellungen der Lehrkräfte explizit in unterrichtsrelevanten Kontexten erheben.

Der Onlinefragebogen dient gleichzeitig in einem Screening-Verfahren zur Ermittlung Lehrkräfte mit besonders ausgeprägten Merkmalen. Um das Zusammenspiel von Überzeugungen und Modellvorstellungen zu untersuchen werden solche Lehrkräfte ausgewählt, die über hohe bzw. niedrige Modellvorstellungen verfügen, und gleichzeitig entweder transmissive oder konstruktivistische Überzeugungen zeigen. Die so ausgewählten Lehrkräfte werden beim Betrachten von Videovignetten zu ihren Urteilsprozessen (Wahrnehmung und Interpretation) in einem halbstandardisierten Interview befragt. Es wird davon ausgegangen, dass ein hohes Modellverständnis der Lehrkräfte eine notwendige aber keine hinreichende Bedingung für die kognitiven Prozesse darstellt. Zudem wird davon ausgegangen, dass Lehrkräfte mit eher konstruktivistischen Überzeugungen sich stark auf Schüleräußerungen fokussieren. Transmissive Überzeugungen führen zu einer stärkeren Fokussierung der Aufgaben.

### Vorläufige Ergebnisse

Bisher haben 158 Lehrkräfte an der Erhebung zu ihren Modellvorstellungen und ihren Lehr-Lernüberzeugungen teilgenommen. 26% der Lehrkräfte brachen die Erhebung ab. Von 117 vollständig ausgefüllten Fragebogen sind 60 Probanden Gymnasiallehrkräfte, 52 Sekundarstufenlehrkräfte und fünf Gesamtschullehrkräfte. Zwischen den verschiedenen Gruppen konnte in keinem Bereich ein signifikanter Unterschied gezeigt werden.

Eine signifikante Korrelation  $r(115) = .71, p < .01$  deutet darauf hin, dass die Lehrkräfte, von speziellen Modellen unabhängige Modellvorstellungen haben. Korrelationen zwischen den Lehr- und Lernüberzeugungen und Modellvorstellungen sind nicht vorhanden.

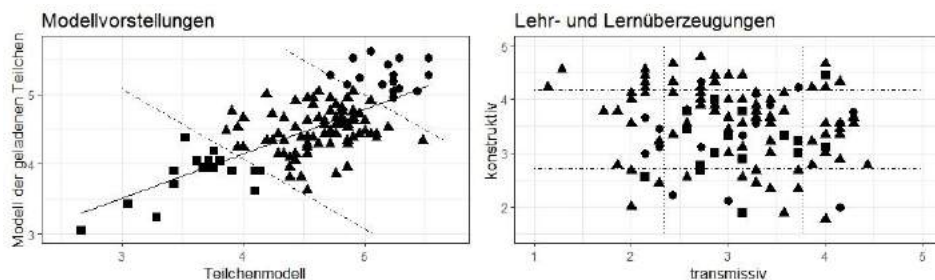


Abb. 1 Modellvorstellung (links) und Lehr-Lernüberzeugungen (rechts) von  $n = 158$  Lehrkräfte. Die Lehrkräfte sind hinsichtlich ihrer Modellvorstellungen in drei Gruppen (Mittelwert  $\pm 1$  SD) eingeteilt. Gestrichelte Linien in der linken Graphik repräsentieren ebenfalls die Grenzwerte für Mittelwert  $\pm 1$  SD für transmissive und konstruktivistische Überzeugungen.

### Diskussion und Ausblick

Die hohe Korrelation zwischen dem Verständnis beider Modelle deuten darauf hin, dass Lehrkräfte modellübergreifende Vorstellungen von Modellen haben. Detailliertere Erkenntnisse auf Ebene unterschiedlicher Aspekte der Modellvorstellungen sollen mittels varianzanalytischer Verfahren an einer größeren Stichprobe untersucht werden. Aus den Ergebnissen des Fragebogens werden anschließend Lehrkräfte mit unterschiedlichen Modellvorstellungen und Lehr- und Lernüberzeugungen ausgewählt, die zu ihrer professionellen Unterrichtswahrnehmung in Hinblick auf die diagnostische Kompetenz interviewt werden.

## Literatur

- Abs, Hermann J. (2007): Überlegungen zur Modellierung diagnostischer Kompetenz bei Lehrerinnen und Lehrern. In: Manfred Lüders und Jochen Wissinger (Hg.): *Forschung zur Lehrerbildung. Kompetenzentwicklung und Programmevaluation*. Münster: Waxmann, S. 63–84.
- Behrmann, Lars; Ophuysen, Stefanie von (2017): Das Vier-Komponenten-Modell der Diagnosequalität. In: Anna Südkamp und Anna-Katharina Praetorius (Hg.): *Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. Theoretische und methodische Weiterentwicklungen*. Münster, New York: Waxmann (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, 94), S. 38–42.
- Blömeke, Sigrid; Gustafsson, Jan-Eric; Shavelson, Richard J. (2015): Beyond Dichotomies. In: *Zeitschrift für Psychologie* 223 (1), S. 3–13.
- Borrmann, John Rolf; Reinhardt, Nadine; Krell, Moritz; Krüger, Dirk (2014): Perspektiven von Lehrkräften über Modelle in den Naturwissenschaften. In: *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* 13, S. 57–72.
- Kleickmann, Thilo (2008): Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis.
- Krolak-Schwerdt, Sabine; Böhmer, Matthias; Gräsel, Cornelia (2009): Verarbeitung von schülerbezogener Information als zielgeleiteter Prozess. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 23 (34), S. 175–186.
- Leisner, Antje (2005): Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht. Eine Evaluationsstudie in der Sekundarstufe I. Zugl.: Potsdam, Univ., Diss., 2005. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 44).
- Leuchter, Miriam; Pauli, Christine; Reusser, Kurt; Lipowsky, Frank (2006): Unterrichtsbezogene Überzeugungen und handlungsleitende Kognitionen von Lehrpersonen. In: *ZfE* 9 (4), S. 562–579.
- Leuders, Timo; Dörfler, Tobias; Leuders, Juliane; Philipp, Kathleen (2018): Diagnostic Competence of Mathematics Teachers: Unpacking a Complex Construct. In: Timo Leuders, Kathleen Philipp und Juliane Leuders (Hg.): *Diagnostic Competence of Mathematics Teachers*, Bd. 3. Cham: Springer International Publishing, S. 3–31.
- Leuders, Timo; Loibl, Katharina (2018): Erforschung diagnostischer Urteilsprozesse. Das DiaKom-Modell am Beispiel einer Studie zu intuitiven und analytischen Urteilen zur Bruchrechnung. In: R. Biehler, H. Glöckner, U. Häsel-Weide und J. Klünens (Hg.): *Beiträge zum Mathematikunterricht. Vorträge auf der 52. Tagung für Didaktik der Mathematik*. Padaborn, 05.03.2018–09.03.2018. Münster: WTM-Verlag.
- Merzyn, Gottfried (2015): Guter Physikunterricht. Die Sicht von Schülern, Lehrern und Wissenschaftlern. In: *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung* 0 (0).
- Meschede, Nicola; Fiebranz, Anja; Möller, Kornelia; Steffensky, Mirjam (2017): Teachers' professional vision, pedagogical content knowledge and beliefs: On its relation and differences between pre-service and in-service teachers. In: *Teaching and Teacher Education* 66, S. 158–170.
- Mikelskis-Seifert, Silke (2010): Modelle. Schlüsselbegriff für die Forschungs- und Lernprozesse in der Physik. In: Helmuth Groetzebauch und Volkhard Nordmeier (Hg.): *PhyDid B - Didaktik der Physik. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. DPG-Frühjahrstagung. Hanover. Freie Universität Berlin.
- Rath, Viktoria (2017): Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Seidel, Tina (2006): Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. Weinheim: Beltz.
- Sherin, Miriam Gamoran; van Es, Elizabeth A. (2009): Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. In: *Journal of Teacher Education* 60 (1), S. 20–37.
- Südkamp, Anna; Praetorius, Anna-Katharina (Hg.) (2017): *Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. Theoretische und methodische Weiterentwicklungen*. Waxmann Verlag. Münster, New York: Waxmann (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, 94).
- Terzer, Eva; Upmeyer zu Belzen, Annette (2007): Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch Modelle – Modellverständnis als Grundlage für Modellkompetenz. *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie* 16 (1), S. 33–56.
- Treagust, David F.; Chittleborough, Gail; Mamiala, Thapelo L. (2002): Students' understanding of the role of scientific models in learning science. In: *International Journal of Science Education* 24 (4), S. 357–368.
- Ufer, Stefan; Leutner, Detlev (2017): Kompetenzen als Disposition. Begriffserklärung und Herausforderungen. In: Anna Südkamp und Anna-Katharina Praetorius (Hg.): *Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. Theoretische und methodische Weiterentwicklungen*. Münster, New York: Waxmann (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, 94), S. 63–74.
- van Driel, Jan H.; Verloop, Nico (1999): Teachers' knowledge of models and modelling in science. In: *International Journal of Science Education* 21 (11), S. 1141–1153.
- Wöhlike, Carina; Hötter, Dietmar (2019): Ist Noticing valide messbar? Erste Befunde eines Videovignetentests. In: Maurer, C. (Hsg): *Naturwissenschaftliche Grundbildung und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung. Kiel, 2018: Regensburg: Universität Regensburg.

Stephanie Neppel  
Karsten Rincke

Universität Regensburg  
Universität Regensburg

### **Perspektivenübernahme in der Physikdidaktik**

Das Modell professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften (Baumert und Kunter, 2006) bietet als fachunabhängiges Strukturmodell eine Möglichkeit, die Komplexität der Anforderungen an Lehrkräfte darzustellen. Riese und Reinhold (2010) haben das Modell auf das Fach Physik übertragen und Strukturen professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften empirisch untersucht. Betrachtet man die Beschreibungen der jeweiligen Kompetenzen in beiden Modellen, so stellt man fest, dass die meisten Kompetenzen ermöglichen sollen, Interaktionen im schulischen Zusammenhang sinnvoll und angemessen zu gestalten. Es erscheint daher notwendig, sich die Frage zu stellen, welche Aspekte einer vorliegenden Interaktion diese für die Interaktionspartner sinnvoll und angemessen werden lassen.

Im Teilprojekt *Perspektivenübernahme trainieren* des vom BMBF geförderten Projekts KOLEG der Qualitätsoffensive Lehrerbildung wird angenommen, dass die Fähigkeit zur Perspektivenübernahme im Lehrberuf einen großen Stellenwert einnimmt.

Vorliegend wird Perspektivenübernahme definiert als das Hineinversetzen in die Wahrnehmung von Interaktionspartnern in sozialen Situationen als Subjekte mit eigenen, auch verschiedenen Sichtweisen und Handlungsabsichten oder Handlungsmöglichkeiten sowie die Berücksichtigung dieser beim eigenen Interaktionsplan mit der Konsequenz eines interpersonellen Verstehens.

#### **Perspektivenübernahme in der Lehrerbildung**

Diese grundlegende soziale Fähigkeit, sich in Interaktionsprozessen zurecht zu finden und daraufhin entsprechend zu handeln, wird in der Lehrerbildung, insbesondere in obigen Kompetenzmodellen vermutlich als Voraussetzung indirekt angenommen und daher nicht explizit in den gegebenen Wissensbereichen der Modelle formuliert. Im Wissensbereich für das fachdidaktische Wissen für das Fach Physik beispielsweise fordern Gramzow et al. (2013, S. 22 f.) sinngemäß wiederholt die „Erzeugung und Reflexion einer situationsangemessenen Struktur von Inhalten und Aktivitäten unter Nutzung geeigneter Arbeitsformen sowie Wissen zur Ermöglichung des kumulativen Lernens und der inhaltlichen Vernetzung“. Es bleibt gleichzeitig offen, wie die Einschätzungen auf Angemessenheit oder Sinnhaftigkeit konkret gebildet werden und wer das Zutreffen dieser Einschätzungen beurteilen kann. Dies hängt in der Tat in hohem Maße von den beteiligten interagierenden Personen und den jeweiligen Situationen ab, sodass keine allgemeinen Aussagen möglich sind. Durch die bewusste Betonung von Perspektivenübernahme als Teil der Lehrberufsausbildung soll daher angeregt werden, dass eine Lehrkraft hinterfragt, auf welcher Basis sie ihre Entscheidungen trifft: Wird die Angemessenheit einer Struktur von Inhalten oder Aktivitäten im Unterricht nur aufgrund von persönlichen Sichtweisen angenommen oder wurden auch Bedürfnisse der konkreten SchülerInnen antizipiert und berücksichtigt? Inwiefern eine gewählte Struktur für eine bestimmte Klasse wirklich passend ist, entscheidet sich in der Interaktion zwischen Lehrkraft und SchülerInnen im Unterrichtsgeschehen. Hier sollen und müssen sich die Interagierenden gegenseitig deutlich machen, welche Bedeutungen sie den Inhalten des Unterrichts jeweils beimessen und wie die gemeinsamen Situationen verstanden werden. Zusammenfassend soll Perspektivenübernahme im Wissensbereich *Professionswissen* des Kompetenzmodells zu einer Verständigung von Lehrer- und SchülerInnenperspektive führen, um einen auf die Interagierenden abgestimmten Unterricht zu erreichen.

Perspektivenübernahme bezieht sich jedoch nicht nur auf die kognitiven Aspekte des Lernens und Lehrens, sondern soll auch die emotionalen und sozialen Bedürfnisse der Interagierenden einschließen. Indem man sich durch Perspektivenübernahme auch mit den eigenen Sichtweisen auseinandersetzt und diese mit denen anderer in Beziehung bringt, kann angenommen werden, dass Aspekte der Kompetenzbereiche *Überzeugungen/Werthaltungen*, *Motivationale Orientierungen* und *Selbstregulative Fähigkeiten* ebenfalls beeinflusst werden und gleichzeitig auch auf die Perspektivenübernahme zurückwirken.

Die Abbildung 1 veranschaulicht Perspektivenübernahme als einen weiteren Kompetenzbereich der Lehrerverberufung, der regulierend und unterstützend auf die Umsetzung sowie die Ausbildung der jeweils anderen Kompetenzen der Lehrerverberufung wirken kann. In diesem Sinne kann Perspektivenübernahme bestehende Kompetenzmodelle bereichern. Es bleibt zu prüfen, in welchem Maße Perspektivenübernahme als eigenständige Kompetenz angesehen werden kann oder inwiefern sie mit den anderen Kompetenzen zusammenhängt.



Abb. 1: Kompetenzmodell (in Anlehnung an Baumert und Kunter (2006))

### Forschungsvorhaben

Mit diesem Verständnis von Perspektivenübernahme als Basis wird ein neues Seminar-konzept in der Physikdidaktik entwickelt. In diesem Seminar werden Studierende bei der Planung von Unterricht zum Thema Wolkenphysik an die Perspektivenvielfalt im Unterricht sowie an Möglichkeiten zur Perspektivenübernahme herangeführt. Ebenso setzen sich die Studierenden bewusst mit ihren eigenen Sichtweisen auseinander. Ihre Überlegungen diskutieren sie sowohl mit ihren Seminar-kommilitonen als auch mit Lehrkräften.

Wenngleich Modelle von Perspektivenübernahme (Selman, 1973; Flavell, 1975) die stufenförmige Entwicklung dieser Fähigkeit im Kindesalter beschreiben, sollte Perspektivenübernahme „nicht als ein permanentes Merkmal des Erwachsenseins“ gesehen werden, „das ab einem bestimmten Alter oder Intelligenzgrad automatisch vorliegt“ (Wicklund & Frey, 2001, S. 160). Eine grundsätzliche Fähigkeit der Studierenden zur Perspektivenübernahme wird jedoch als gegeben vorausgesetzt, sodass sie im Seminar nicht erst erworben werden muss. Das Seminar soll den Studierenden verschiedene Anlässe bieten, bei der Planung von Unterricht Perspektivenübernahme entsprechend theoretischer Überlegungen umzusetzen.

Zur Einschätzung des neuen Seminarangebots ist daher von Interesse:

- FF1: Inwiefern haben Studierende bei der Planung von Unterricht Perspektivenübernahme im Sinne der Arbeitsdefinition angewendet?
- FF2: Welche Gelegenheiten im Seminar veranlassen die Studierenden, Perspektivenübernahme umzusetzen?

Im Seminar planen die Studierenden selbstständig Unterricht, der in realen Schulklassen von Lehrkräften erprobt werden soll. Damit der Unterricht im Sinne der Planung der Studierenden durchgeführt werden kann, findet im Seminar eine Lehrerfortbildung statt, bei der die Studierenden ihre Überlegungen möglichst detailliert diesen Lehrkräften vorstellen. Zudem können hier die Lehrkräfte ihre Ansichten über den geplanten Unterricht den Studierenden zurückmelden, sodass die Studierenden bereits zu diesem Zeitpunkt einen ersten Eindruck über das Gelingen ihrer Planung und Perspektivenübernahme gewinnen



können. Als weitere Informationsquellen für die Einschätzung ihrer Unterrichtsplanung hospitieren die Studierenden die Unterrichtsstunden und führen anschließend mit einzelnen SchülerInnen kurze Feedbackgespräche.

Neben dem Fokus auf das Seminarkonzept und dessen Umsetzung durch die Studierenden wird noch ein weiterer Gedanke untersucht: Mit der Perspektivenübernahme verbunden ist auch eine Auseinandersetzung mit sich selbst und den eigenen Sichtweisen, sodass Theorien zur Perspektivenübernahme mitunter als Identitätstheorien verstanden werden können (Mead, 2013; Blumer, 1973; Kenngott, 2012, S. 43 f.). Die Studierenden erfahren im Seminar verschiedene Zugänge zum Unterricht aus fachlicher sowie fachdidaktischer Sicht. Es ist daher möglich, dass die Studierenden nach Erfahrungen aus dem Seminar auch ihre Einstellungen zum Studium und Studieninhalten oder zu erwarteten Tätigkeiten im angestrebten Lehrberuf überdenken sowie Konsequenzen daraus für ihre weitere Studienplanung ableiten. Mit der dritten Forschungsfrage soll deshalb ein breites Spektrum an Erfahrungen der Studierenden aus dem Seminar ermittelt werden:

- FF3: Welche Einstellungen zum Studium und/oder Aspekten des Studiums sowie welche Wahrnehmungen ihres späteren Tätigkeitsbereichs als Lehrkraft äußern Studierende nach dem Besuch des Seminars? Nehmen Studierende diesbezüglich bei sich Veränderungen durch das Seminar wahr?

### **Methodisches Vorgehen**

Das Seminar ist eine zweistündige Lehrveranstaltung, die seit dem SoSe2017 jedes Semester angeboten wird und seitdem bisher von 18 Studierenden (10 LA Gymnasium, 8 LA Realschule) besucht worden ist. Mit allen Studierenden wurde nach der jeweiligen Vorlesungszeit ein leitfadengestütztes Interview geführt. Der qualitativen Interviewstudie, insbesondere der Auswahl der Interviewart liegen die Ausführungen von Wiedemann (1987, 1984) zugrunde. Im Vordergrund des vorliegenden Forschungsinteresses stehen als Erfahrungsgestalten die jeweiligen sogenannten *mental en Modelle* der Studierenden zu Perspektivenübernahme und zum Studium. In diesen Wissensstrukturen sind sowohl die Komponenten dieser subjektiven Theorien als auch die Beziehungen dazwischen enthalten. Wiedemann (1987, S. 17) empfiehlt dafür ein fokussiertes Interview, in welchem die Studierenden ihre Hintergrundannahmen explizit angeben können.

Die Antworten der Studierenden sollen zunächst zusammenfassend darlegen, in welcher Weise die Studierenden im Seminar Perspektivenübernahme umgesetzt haben. Zudem wird ermittelt, welche Gelegenheiten im Seminar sich für Perspektivenübernahme als geeignet herausstellen. Dazu werden die Aussagen der Studierenden bezüglich ihres Vorgehens von Perspektivenübernahme und der Wahrnehmung von Seminarangeboten codiert und mit dem geplanten Aufbau des Seminars und den dahinterliegenden Absichten aus der Theorie zur Perspektivenübernahme verglichen. Somit soll eingeschätzt werden, welche Seminarinhalte und Seminarangebote Gelegenheiten zur Perspektivenübernahme darstellen.

Die Transkripte der Interviews werden in einer qualitativen Inhaltsanalyse nach dem Vorgehen der Zusammenfassung (Mayring, 2015) in Kategorien kodiert, die deduktiv-induktiv aus der Definition von Perspektivenübernahme gewonnen werden.

Für die Beantwortung der letzten Forschungsfrage werden anschließend an die Einschätzung des Seminars die Interviewtranskripte einer zweiten qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen, die ebenfalls als Zusammenfassung durchgeführt wird. Die Kategorien über die Sichtweisen der Studierenden auf wahrgenommene Beziehungen von Studium und Profession sowie Tätigkeiten einer Lehrkraft, insbesondere Unterricht zu planen, werden induktiv aus den Transkripten ermittelt.

## Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften [online; gedruckt]. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520. Zugriff am 08.10.2018 auf <http://dx.doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- Blumer, H. (1973). Der methodologische Standort des symbolischen Interaktionismus. In Arbeitsgruppe Bielefelder Soziologen (Hrsg.), *Alltagswissen, Interaktion und gesellschaftliche Wirklichkeit* (Bd. Band 1. Symbolischer Interaktionismus und Ethnomethodologie, S. 80 – 146). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Flavell, J. H. (1975). *Rollenübernahme und Kommunikation bei Kindern*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19.
- Kenngott, E.-M. (2012). *Perspektivübernahme. Zwischen Moralphilosophie und Moralpädagogik*. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Springer.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarbeitete Aufl.). Weinheim und Basel: Beltz GmbH, Julius.
- Mead, G. H. (2013). *Geist, Identität und Gesellschaft aus der Sicht des Sozialbehaviorismus* (17. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp taschenbuch wissenschaft.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 167 – 187.
- Selman, R. L. (1973). A Structural Analysis of the Ability to Take Another's Social Perspective [microform]: Stages in the Development of Role-Taking Ability [Book, Microform, Online]. Washington, D.C.: Distributed by ERIC Clearinghouse. Zugriff am 08.10.2018 auf <http://www.eric.ed.gov/contentdelivery/servlet/ERICServlet?accno=ED081486>
- Wicklund, R. A. & Frey, D. (2001). Die Theorie der Selbstaufmerksamkeit. In D. Frey & M. Irle (Hrsg.), *Theorien der Sozialpsychologie* (2. Aufl., Bd. I: Kognitive Theorien, S. 155 - 174). Hans Huber Verlag.
- Wiedemann, P. M. (1984). Möglichkeiten der regelgeleiteten qualitativen Inhaltsanalyse. *Zeitschrift für Klinische Psychologie, Psychopathologie und Psychotherapie*, 32 (3), 196 –217.
- Wiedemann, P. M. (1987). *Entscheidungskriterien für die Auswahl qualitativer Interviewstrategien* (Bd. 87 – 1). Berlin: Technische Universität Berlin.

Anna Nowak<sup>1</sup>  
 Maren Kempin<sup>2</sup>  
 Christoph Kulgemeyer<sup>2</sup>  
 Andreas Borowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Potsdam  
<sup>2</sup>Universität Bremen

## Reflexion von Physikunterricht

### Einführung

Grundlegend ist eine Reflexion nach Dewey (1933) eine besondere Form des Denkens, die immer ein Zurück- und Vorausschauen beinhaltet (Valli, 1997). Sie ist dann erfolgreich, wenn eine Alternative gefunden wird (Dewey, 1933). Helmke (2014) hat Reflexionskompetenz als Schlüsselbedingung für die Verbesserung, Entwicklung und Anpassung von Unterricht bezeichnet. Schön (1983) unterscheidet zwei grundlegende Typen von Reflexion: reflection-in-action (das Reflektieren während der Situation) und reflection-on-action (das Reflektieren nach der Situation, so wie es nach dem Unterricht stattfindet). Sowohl nationale als auch internationale Standards der Lehrerbildung führen Reflexion von Unterricht als wichtige Lehrerkompetenz auf (KMK, 2004; InTASC, 2013). Studierenden fällt die Reflexion von Unterricht allerdings schwer. So reflektieren Studierende ihren eigenen Unterricht oftmals nicht systematisch (Rothland & Boecker, 2009) und häufig sind Reflexionen deskriptiv und nicht kritisch (Hatton & Smith, 1995). Reflektieren ist nicht einfach und die Fähigkeit dazu muss erst erlernt werden, weshalb Unterstützung notwendig ist (Wildman, Niles, Magliaro, & McLaughlin, 1990).

### Bisherige Modelle

In der Literatur existiert eine Vielzahl von Definitionen von „Reflexion“, die alle ihre verschiedenen Schwerpunkte haben. Beispiele dafür sind unter anderem diese drei Modelle:

- In seinem Modell ALACT (siehe Abbildung 1) stellt Korthagen das Lernen durch Erfahrung dar. Zu Beginn wird durch das Ausführen einer Aktion, wie bspw. dem Unterrichten, eine Erfahrung gemacht. Im nächsten Schritt wird darauf zurückgeblickt, woraufhin die eigentliche Reflexion durch das Bewusstwerden bestimmter Aspekte beginnt. Sollten diese negativ sein, so wird eine Alternative entwickelt, welche wiederum die Basis für den nächsten Versuch ist, darauf folgt wieder eine Reflexion, usw. (Korthagen, 2002).



Abb. 1: Reflexionsmodell  
 ALACT (nach Korthagen, 2002)

- Plöger, Scholl und Seifert (2015) beschreiben ein ausführliches Stufenmodell, mit dem die Güte von Reflexionen eingeschätzt werden kann. In Hauptstufe I wird erfasst, ob die Proband\*innen in der Lage sind, einzelne Unterrichtsereignisse wahrzunehmen (Stufe 1) und zu beschreiben (Stufe 2), und bezieht sich somit auf die Sichtstruktur von Unterricht. In den Hauptstufen II und III wird die Tiefenstruktur abgebildet, indem Folgen einzelner Handlungen vorausgesehen werden können (Stufe 3), einzelne Handlungen zu didaktisch-methodischen Einheiten verdichtet werden und dazu Alternativen angegeben werden (Stufe 4) und solche didaktisch-methodischen Einheiten vor dem Hintergrund des gesamten Unterrichtsprozesses eingeschätzt werden und begründete Alternativen generiert werden (Stufe 5).
- Windt und Lenske (2016) beschreiben in ihrem Modell, dass eine *vollständige* Reflexion die *geordneten* Elemente Beschreibung, Bewertung, Begründung, Alternativen und Konsequenzen enthält.

### Das entwickelte Reflexionsmodell

Ziel war es, ein Modell zu entwickeln, das Studierende als Hilfe zum Reflektieren von Physikunterricht verwenden können. Zum anderen sollte es Dozierenden ermöglichen, die Güte von Studierendenreflexionen einzuschätzen und ein theoriegeleitetes Feedback in Praxisphasen zu geben. Im Bereich der Forschung sollte es geeignet sein, um z.B. im Praxissemester die Entwicklung der Reflexionsfähigkeit der Studierenden zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden Aspekte der drei beschriebenen Modelle zusammengeführt und teilweise Abwandlungen vorgenommen:

Korthagen (2002) beschreibt in seinem Modell den kreislaufartigen, nicht endenden Prozess von immer wiederkehrenden Reflexionen, der maßgeblich durch das Bewusstwerden bestimmter Aspekte und das Finden von Alternativen, die ausprobiert werden, beeinflusst ist. Diese Darstellung passt so auch auf die Situation des Lehrens und Lernens an der Universität, dennoch fehlen einige wichtige Aspekte, z.B. ein globaler Blick auf die Unterrichtsstunde und deren Reflexion; diese wurden noch aufgenommen (siehe Abbildung 2).

Ein Unterschied zum Modell von Windt & Lenske (2016) ist, dass die Begründung hier immer mit einem der Elemente zusammenhängt. Bspw. kann begründet werden, warum eine Alternative gut geeignet ist. Zudem beeinflusst auch die theoretische Planung einer Stunde, wie auf sie zurückgeblickt wird, daher wurde zusätzlich das Element Rahmenbedingungen aufgenommen. Die weiteren Elemente sowie die Aspekte der Ordnung (Strukturiertheit) und Vollständigkeit wurden übernommen.

Der Stufencharakter von Plöger et al. (2015) wurde übernommen und ist auf der Achse der Elemente dargestellt. Dabei wurden die Begrifflichkeiten aus dem Modell von Windt und Lenske (2016) den verschiedenen Unterstufen des Modells von Plöger et al. entsprechend zugeordnet und aufgrund der besseren Lesbarkeit ersetzt.

Interessant für die Einschätzung der Güte einer Reflexion ist auch, welche Themen reflektiert werden und aus welchem Wissensbereich diese stammen. Daher wird im Gegensatz zu den anderen drei Modellen zusätzlich eine Differenzierung nach der der Reflexion zugrunde liegenden Wissensbasis vorgenommen.

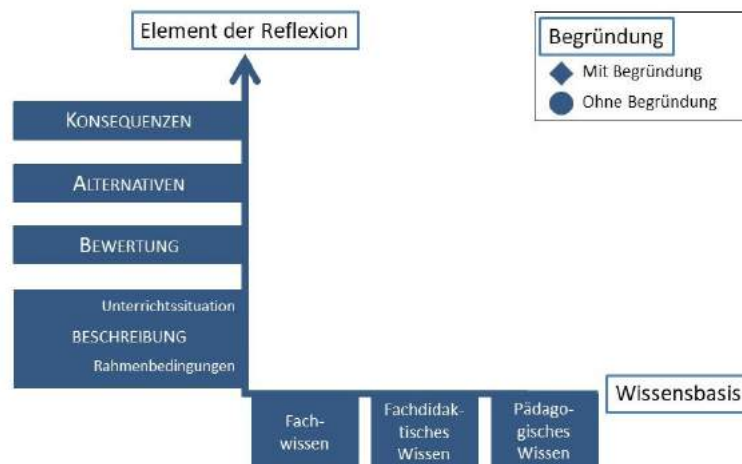


Abbildung 2: Modell zur Reflexion von Physikunterricht.

Im Modell zur Reflexion von Physikunterricht beinhaltet eine ideale vollständige Reflexion fünf Elemente. Eine Reflexion beginnt demnach immer mit der *Beschreibung des theoretischen Plans* der Stunde (Rahmenbedingungen). Dazu gehören bspw. antizipierte Schülervorstellungen oder das Lernziel. Das zweite Element ist die möglichst objektive *Beschreibung der tatsächlichen Unterrichtssituation*. Eine *Bewertung* dieser Situation soll erst im nächsten Schritt erfolgen. In direktem Zusammenhang mit der Unterrichtssituation stehen die möglichen *Alternativen*. In Kontrast dazu sind *Konsequenzen* langfristige Vorhaben für die Lehrperson und ihre Expertiseentwicklung und den Folgeunterricht. Bspw. wäre das Vorhaben, innerhalb eines Experiments den Arbeitsauftrag zu verbessern eine Alternative und die Erkenntnis, sich intensiv mit möglichen Schülervorstellungen beschäftigen zu müssen oder im Folgeunterricht aufgetretene Schülervorstellungen aufzugreifen eine Konsequenz. Jedes der fünf Elemente kann begründet oder unbegründet vorliegen. Die dritte Dimension der Wissensbasis gibt an, aus welchen Bereichen die innerhalb einer Reflexion angesprochenen Themen stammen können: Es kann Bezug zum pädagogischen Wissen, fachdidaktischen Wissen oder Fachwissen genommen werden.

Die Anordnung der Elemente im Modell soll die Notwendigkeit der Strukturiertheit einer Reflexion verdeutlichen. Gut strukturiert meint hierbei, dass ein Element geordnet im Sinne des Modells auf das andere folgt (zuerst die Rahmenbedingungen, dann die Beschreibung der Unterrichtssituation etc.). In Kontrast dazu sind bei einer unstrukturierten Reflexion alle Elemente durcheinandergemischt. Strukturiertheit ist nicht gleichbedeutend mit Vollständigkeit. Eine Reflexion ist nur dann vollständig, wenn sie alle fünf Elemente enthält (unabhängig von der Reihenfolge der Elemente).

#### **Einsatz des Modells in den Projekten ProfiLe-P+ und PSI-Potsdam**

Innerhalb des Projektes Profile-P+ wurde ein online-basierter Videovignetten-Test entwickelt, bei welchem Studierende in einer face-to-face Kommunikation einem fiktiven Mitpraktikanten „Robert“ ein Peer-Feedback zu seiner Physikstunde geben sollen. Dafür werden sie verbal vom Mitpraktikanten durch Prompts (z.B. „Was sagst du zu meinem Unterrichtseinstieg“) aufgefordert, 13 aufeinander aufbauende Unterrichtsausschnitte zu reflektieren und in vier Items eine Globalanalyse zur gesamten Unterrichtsstunde vorzunehmen. Das verbale Feedback der Studierenden wird autographiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse auf Grundlage des Reflexionsmodells analysiert. Näheres zu diesem Projekt und dessen erste Ergebnisse findet sich in diesem Tagungsband (Kempin et al., 2019).

Im Rahmen von PSI-Potsdam (Professionalisierung – Schulpraktische Studien – Inklusion) wurde das Reflexionsmodell im Bereich der Lehre im Praxissemester Physik eingesetzt. Dabei lernen die Studierenden unter anderem das Reflexionsmodell und darauf basierende Leitfragen kennen, welche sie beim Reflektieren unterstützen sollen. Im Seminar selbst nehmen die Studierenden in festen Gruppen in sogenannten Reflexionsrunden Fremdreflexionen vor. Dabei wird jeweils eine 10-minütige selbst videographierte Unterrichtssituation von einem Studierenden vorgestellt, der Rest der Gruppe reflektiert diese. Außerdem schreiben die Studierenden in ihrem Reflexionstagebuch sechs Selbstreflexionen. Zu diesen Reflexionen erhalten die Studierenden nach jeder zweiten Reflexion ein theoriegeleitetes (auf dem Modell basierendes) Feedback über die Güte der Reflexion und eventuelle Verbesserungsmöglichkeiten. Das Reflexionstagebuch wird über die Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) basierend auf dem Reflexionsmodell empirisch ausgewertet. Untersucht wird unter anderem die Vollständigkeit, die Strukturiertheit, die Güte und die innerhalb der Reflexion angesprochenen Themen und wie sich diese im Laufe des Praxissemesters verändern. Erste Ergebnisse von einem Semester finden sich in Nowak, Borowski & Liepertz (2018). Insgesamt werden Reflexionen aus drei Semestern erhoben und ausgewertet.

## Literatur

- Clarà, M. (2015). What is reflection? Looking for clarity in an ambiguous notion. *Journal of Teacher Education*, 66(3), 261–271.
- Dewey, J. (2002). *Wie wir denken*. Zürich: Pestalozzianum.
- Hatton, N., & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. *Teaching and Teacher Education*, 11(1), 33–49. doi: 10.1016/0742-051X(94)00012-U
- Helmke, A. (2015). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett Kallmeyer.
- [InTASC] Interstate Teacher Assessment and Support Consortium (2011). *Model Core Teaching Standards: A Resource for State Dialogue*. Washington DC. Abgerufen von: [http://www.ccsso.org/Documents/2011/InTASC\\_Model\\_Core\\_Teaching\\_Standards\\_2011.pdf](http://www.ccsso.org/Documents/2011/InTASC_Model_Core_Teaching_Standards_2011.pdf)
- Kempin, Maren, Kulgemeyer, Christoph & Schecker, Horst (2019). Erste Einblicke in die Entwicklung der Reflexionsfähigkeit von Physiklehramtsstudierenden im Praxissemester. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. Universität Regensburg
- Korthagen, F. (2002). Eine Reflexion über Reflexion. In: Korthagen, F.A.J., Kessels, J., Koster, B., Lagerwerf, B., & Wubbels, T. (Hrsg.) *Schulwirklichkeit und Lehrerbildung. Reflexion der Lehrertätigkeit* (S.55-73). Hamburg: EB Verlag.
- [KMK] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der BRD (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Abgerufen von: [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf)
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- Nowak, Anna, Liepertz, Sven & Borowski, Andreas (2018). Reflexionskompetenz von Praxissemesterstudierenden im Fach Physik. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017*. (S. 150). Universität Regensburg
- Plöger, W., Scholl, D. & Seifert, A. (2015). Analysekompetenz - ein zweidimensionales Konstrukt?! *Unterrichtswissenschaft. Zeitschrift für Lernforschung* 43 (2), 166–184.
- Rothland, M., & Boecker, S. K. (2015). Viel hilft viel? Forschungsbefunde und –perspektiven zum Praxissemester in der Lehrerbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 8(2), 112–134.
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner: how professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Valli, L. (1997). Listening to Other Voices: A Description of Teacher Reflection in the United States. *Peabody Journal of Education*, 72(1), 67–88.
- Wildman, T. M., Magliaro, S. G., Niles, J.A., & McLaughlin, R. A. (1990). Promoting Reflective Practice among Beginning and Experienced Teachers. In: R. T. Clift, W. R. Houston & M. C. Pugach (Eds.), *Encouraging reflective practice in education. An analysis of issues and programs* (S. 139–162). New York: Teachers' College Press.
- Windt, A., & Lenske, G. (2016). Qualität der Sachunterrichtsreflexion im Vorbereitungsdienst. In: C. Maurer (Eds.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015*. (S. 284–286). Universität Regensburg.

## **Einfluss sprachlicher Konzeption auf Erklärungen im Physikunterricht**

### **Theoretischer Hintergrund**

Unterrichtserklärungen gehen stets mit einer Vermittlungsabsicht einher und sind damit ein wichtiger Bestandteil des Unterrichts, wenn es darum geht Schülerinnen und Schülern etwas verständlich zu machen bzw. sie beim Wissensaufbau zu unterstützen (Kiel, 1999; Bartelborth, 2007; Treagust & Harrison, 2000; Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015). Daher ist es auch nicht weiter verwunderlich, dass die Fähigkeit, gut erklären zu können, für Schülerinnen und Schüler eine der wichtigsten Kompetenzen einer guten Lehrkraft darstellt (Vogt, 2009; Wagner & Wörn, 2011; Merzyn, 2015). Um den Wissensaufbau auf Seite der Lernenden optimal zu unterstützen, sollten Erklärungen folgende Merkmale aufweisen: Strukturierung, Sachgerechtigkeit und Adressatenorientierung (Wittwer & Renkl, 2008; Wagner & Wörn, 2011; Kulgemeyer 2016; Findeisen, 2017; Lehner, 2018). So erhöhen eine nachvollziehbare Reihenfolge der einzelnen Teilschritte sowie eine Fokussierung auf wesentliche Aspekte die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler. Auf inhaltlicher Ebene muss die Erklärung zwar an die Adressaten angepasst werden, dabei jedoch fachlich korrekt und anschlussfähig bleiben. Zudem sollte die Erklärung in all ihren Facetten wie bspw. Anpassung von Visualisierungen und Berücksichtigung von Schülervorstellungen an der jeweiligen Adressatengruppe orientiert sein. Der wichtigste Aspekt der Adressatenorientierung ist die Anknüpfung an das Vorwissen der jeweiligen Adressaten sowohl auf inhaltlicher als auch auf sprachlicher Ebene. Im naturwissenschaftlichen Unterricht stellt gerade die sprachliche Anpassung jedoch eine große Herausforderung dar, da der Erwerb von Fachsprache und Fachwissen bzw. konzeptuellem Verständnis eng miteinander verzahnt sind (Rincke, 2010; Busch & Ralle, 2013; Höttecke, 2017). Zum einen muss in der Erklärung Inhaltliches vermittelt werden, zum anderen kann die Fachsprache im Unterricht nicht vernachlässigt werden. Fachsprache ist jedoch durch ihre Kennzeichen auf Wort- und Satz- sowie Textebene konzeptionell eher distanzsprachlich, während die Alltagssprache der Schülerinnen und Schüler in ihrer Konzeption einen eher nahsprachlichen Charakter aufweist (Feilke, 2012; Tajmel, 2017; Rincke, 2018). Pineker-Fischer (2017) stellt in einer Zusammenfassung verschiedener Studien zum Erlernen von Fach- und Bildungssprache heraus, dass vor allem für Schülerinnen und Schüler mit geringem allgemeinem Sprachniveau Schwierigkeiten beim Erlernen von Fachsprachen haben. Aufgrund des geringeren Sprachniveaus ist für sie die Diskrepanz zwischen Fach- und Alltagssprache größer als für muttersprachliche Schülerinnen und Schüler mit höherem Sprachniveau. Daher stellt sich vor allem vor dem Hintergrund einer kulturell und sprachlich immer heterogeneren Gesellschaft die Frage, inwiefern es möglich ist, die Form der sprachlichen Repräsentation von Inhalten bei der Einführung neuer Konzepte an die Adressatengruppe anzupassen, ohne die Erklärung auf inhaltlicher Ebene wesentlich zu verändern.

### **Studiendesign FALKE-Physik**

Im Rahmen des Projekts FALKE-Physik (**F**achspezifische **L**ehrer**k**ompetenz **E**rlären im Fach Physik, BMBF gefördert im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung) wird in Bezug auf diese Fragestellung die Wahrnehmung der Qualität von mündlichen Unterrichtserklärungen untersucht, die sich hinsichtlich ihrer sprachlichen Konzeption unterscheiden. Hierfür wurden insgesamt drei Paare von Erklärungen zu Themen aus den

Bereichen Elektrizitätslehre, Wärmelehre und Lehre zur Mechanik erstellt und als Videos realisiert. Zur Unterscheidung von Nah- und Distanzsprache wurde das Modell von Koch und Oesterreicher (1985) verwendet. Die Operationalisierung der sprachlichen Konzeption nach diesem Schema erfolgte hinsichtlich der drei Aspekte Kommunikationsbedingungen ( $N_{Items}=5$ ,  $\alpha=.81$ ), Versprachlichungsstrategien ( $N_{Items}=4$ ,  $\alpha=.72$ ) und Grad der Elaboriertheit ( $N_{Items}=4$ ,  $\alpha=.83$ ).

Die Erklärvideos wurden in einen Online-Fragebogen implementiert und verschiedenen Akteuren des Bildungssystems (SchülerInnen, Lehramtsstudierenden, Lehrkräften, DidaktikerInnen) vorgelegt. Die Befragten gaben zunächst eine Globalnote (Schulnote) zu jedem Erklärvideo ab. In einem zweiten Durchgang beantworteten sie auf einer sechsstufigen Ratingskala (1=Stimme voll zu; 6=Stimme gar nicht zu) Fragen zu differenziellen Einzelaspekten der drei oben genannten Skalen zur Nah- und Distanzsprache. Hiermit wird untersucht, inwiefern Aspekte der Nah- und Distanzsprache des Modells von Koch und Oesterreicher mit der von den TeilnehmerInnen wahrgenommenen Qualität einer Erklärung korrelieren. Um Reihenfolgeeffekte ausschließen zu können, gibt es zwei verschiedene Versionen (Version 1 / 2) des Fragebogens, bei denen die Reihenfolge der Videos innerhalb der Paare variiert. Der SchülerInnen-Fragebogen enthält zusätzlich einen Wissenstest im Prä-Posttest-Design, wobei in der ersten Version des Fragebogens der Posttest jeweils nach den nahsprachlich konzipierten Erklärungen erfolgt, während in der zweiten Version dieser jeweils auf die distanzsprachlichen Erklärungen folgt.

Insgesamt nahmen 110 Schülerinnen und Schüler aus 5 Klassen (10. Jahrgangsstufe, bayer. Gymnasien) an der Studie teil, die randomisiert auf die beiden Fragebogenversionen aufgeteilt wurden.

### Erste Ergebnisse

Erste Ergebnisse der SchülerInnenbefragung zeigen bezüglich der durchschnittlichen Globalnote (vgl. Abb. 1) in den Themenbereichen E-Lehre und Mechanik signifikante Unterschiede zugunsten der nahsprachlich konzipierten Erklärungen (E-Lehre  $d=.43$  ( $p\leq 0.001$ ), Mechanik  $d=.34$  ( $p\leq 0.01$ )). Wie ebenfalls in der Abbildung 1 ersichtlich, ergibt sich jedoch für die Erklärungen zur Wärmelehre kein signifikanter Unterschied in der Bewertung ( $d=.01$  ( $p$ )). Im Gegensatz zu den Erklärungen zur E-Lehre und Mechanik findet die Erklärung in der Wärmelehre auf einem inhaltlich sehr oberflächlichen Niveau statt. Daher liegt die Vermutung nahe, dass für Schülerinnen und Schüler die sprachliche Konzeption bei oberflächlichen Erklärungen im Gegensatz zu Erklärungen mit inhaltlicher Tiefenstruktur keine wesentliche Rolle spielt.

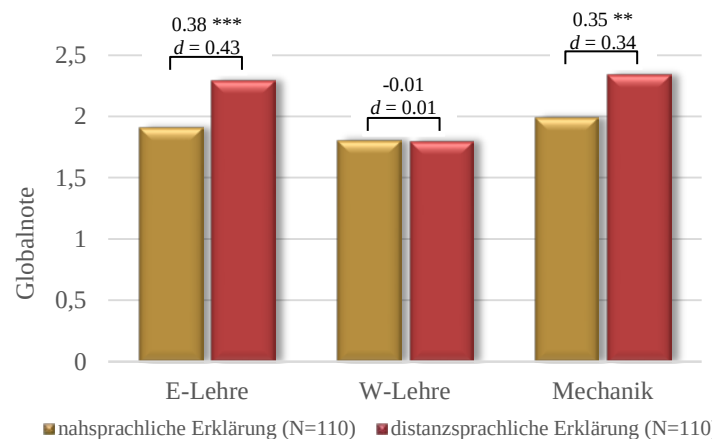


Abb. 1: Bewertung (Globalnote) der Erklärungen in Schulnoten durch SchülerInnen



Hinsichtlich der einzelnen Skalen zur Nah- und Distanzsprache (Kommunikationsbedingungen, Versprachlichungsstrategien, Grad der Elaboriertheit) zeigen sich bei den Schülerinnen und Schülern trotz unterschiedlicher Bewertung selbst in den Bereichen Elektrizitätslehre und Mechanik überraschenderweise keine systematischen Zusammenhänge zur Globalnote. Die Auswertung der Ergebnisse des Wissenstests erfolgt mit Hilfe eines linear gemischten Modells. Trotz randomisierter Zuteilung ergeben sich für alle drei Themenbereiche keine signifikanten Gruppenunterschiede im Prätest. Der Vergleich der Ergebnisse von Prä- und Posttest ergibt themenunabhängig signifikante Wissenszuwächse für beide Gruppen (Version1 - nahsprachlich / Version2 - distanzsprachlich). Der Wissenszuwachs unterscheidet sich dabei für alle drei Themenbereiche zwischen beiden Gruppen nicht signifikant.

Nach aktuellem Stand der Studie kann also angenommen werden, dass eine sprachliche Anpassung einer Erklärung im Sinne einer stärker nahsprachlichen Konzeption ohne Veränderung des fachlichen Inhalts möglich ist.

### **Ausblick**

Präzise Aussagen darüber, inwiefern es für Schülerinnen und Schüler Merkmale und Kriterien gibt, die sie systematisch zur Bewertung der Erklärungen heranziehen, können also mit Hilfe des Online-Fragebogens noch nicht getroffen werden. Offenbar bemerken die Schülerinnen und Schüler zwar Unterschiede zwischen beiden Konzeptionen, es bleibt aber unklar, ob sie die sprachliche Variation zwischen den Erklärungen bewusst wahrnehmen und konkret benennen können. Zur Klärung dieser Fragen wird eine qualitative Folgestudie durchgeführt, die sich aus drei Teilen zusammensetzt. Mittels eines kurzen Sprachtests soll das allgemeine Sprachniveau der TeilnehmerInnen eingeschätzt werden. Anschließend folgt eine reduzierte Version des Onlinefragebogens, um mit Hilfe dieser Ergebnisse die neuen Daten in Relation zu den bereits vorhandenen Daten der Hauptstudie zu setzen. Den Hauptteil der Folgestudie bildet ein leitfadengestütztes Interview zur sprachlichen Qualität der Erklärvideos.

Die Daten der Erhebungen in den Gruppen der Studierenden, Lehrkräfte und HochschulmitarbeiterInnen werden nach demselben Schema ausgewertet wie die der Schülerinnen und Schüler. Neben der Frage nach der Einheitlichkeit der Qualitätseinschätzung innerhalb dieser vier Gruppen soll damit zusätzlich geklärt werden, inwiefern sich die Einschätzungen zwischen den vier Gruppen unterscheiden.

## Literatur

- Bartelborth, T. (2007). Erklären. Berlin: Walter de Gruyter.
- Busch, H., & Ralle, B. (2013). Diagnostik und Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemieunterricht. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer (Hrsg.), Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster: Waxmann, S. 277–294.
- Feilke, H. (2012). Bildungssprachliche Kompetenzen – Fördern und entwickeln. Praxis Deutsch, 233, 4-13.
- Findeisen, S. (2017). Fachdidaktische Kompetenzen angehender Lehrpersonen. Eine Untersuchung zum Erklären im Rechnungswesen. Wiesbaden: Springer.
- Höttecke, D., Ehmke, T., Krieger, C. & Kulik, M. A. (2017). Vergleichende Messung fachsprachlicher Fähigkeiten in den Domänen Physik und Sport. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23 (1): 53-69. Zugriff auf <http://dx.doi.org/10.1007/s40573-017-0055-6>.
- Kiel, E. (1999). Erklären als didaktisches Handeln. Würzburg: Ergon-Verlag.
- Koch, P. & Oesterreicher, W. (1985). Sprache der Nähe – Sprache der Distanz. Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschichte. In O. Deutschmann, H. Flasche, B. König, M. Kruse, W. Pabst & W.-D. Stempel (Hrsg.), Romanistisches Jahrbuch (Bd. 36, S. 15-43). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- Kulgemeyer, C. & Tomczyszyn, E. (2015). Physik erklären – Messung der Erklärensfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Volume 21 (1): 111–126. Zugriff auf <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0029-5>.
- Kulgemeyer, C. (2016). Lehrkräfte erklären Physik. Rolle und Wirksamkeit von Lehrerklärungen im Physikunterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 27 (152), 2-9.
- Lehner, M. (2018). Erklären und Verstehen. Eine kleine Didaktik der Vermittlung. Bern: Haupt Verlag.
- Merzyn, G. (2015). Guter Physikunterricht. Die Sicht von Schülern, Lehrern und Wissenschaftlern. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung (<http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/589>).
- Pineker-Fischer, A. (2017). Sprach- und Fachlernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Wiesbaden: Springer.
- Rincke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 235-260.
- Rincke, K; Markic, S. (2018). Sprache und das Lernen von Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann, H. Schecker (Hrsg.), Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer Spektrum: Berlin, 31-48
- Tajmel, T. (2017). Naturwissenschaftliche Bildung in der Migrationsgesellschaft. Grundzüge einer Reflexiven Physikdidaktik und kritisch-sprachbewussten Praxis. Wiesbaden: Springer.
- Treagust, D. & Harrison, A. (2000). In search of explanatory frameworks: an analysis of Richard Feynman's lecture 'Atoms in motion'. International Journal of Science Education, 22 (11), 1157- 1170.
- Vogt, R. (Hrsg.) (2009). Erklären. Gesprächsanalytische und fachdidaktische Perspektiven. Tübingen: Stauffenburg.
- Wagner, A. & Wörn, C. (2011). Erklären lernen – Mathematik verstehen. Ein Praxisbuch mit Lernangeboten. Seelze: Kallmeyer.
- Wittwer, J. & Renkl, A. (2008). Why instructional explanations often do not work: A framework for understanding the effectiveness of instructional explanations. Educational Psychologist 43 (1), S. 49-64.

Florian Trauten  
 Carolin Eitemüller  
 Maik Walpuski

Universität Duisburg-Essen

## Entwicklung und Evaluation von feedbackgestützten Online-Chemieaufgaben

Seit 2006 liegen die Abbruchquoten in der Eingangsphase der Chemiestudiengänge an Hochschulen bei ca. 42 %. Jeder zweite Studienabbruch ist durch ungenügende Leistungen bedingt. 70 % der betroffenen Studierenden geben hierfür zu hohe Anforderungen und eine nicht zu bewältigende Stofffülle als Gründe an (Heublein, Ebert, Hutzsch, Isleib, König, Richter, & Woisch, 2017). Zudem konnte gezeigt werden, dass 41 % der Studienabbrechenden in der Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften in der Studieneingangsphase ihre Defizite im Vorwissen durch universitäre Lehr-/Lernangebote nicht aufholen (Heublein et al., 2017), wie Averbeck, Fleischer, Sumfleth, Leutner & Brand (2017) auch an der Universität Duisburg-Essen noch einmal explizit für den Chemiestudiengang belegen konnten. Diese Befunde zeigen insbesondere im Umgang mit Studierenden mit wenig Vorwissen einen Handlungsbedarf auf der Ebene der Stoffvermittlung auf.

Ein bedeutender Einflussfaktor für Lernprozesse stellt Feedback dar, wie Hattie & Timperley (2016) in einer Metastudie aufzeigen konnten. Doch in der Studieneingangsphase treten Vorlesungen, die vor allem aus strukturellen Gründen wenig Raum für Interaktionen mit dem Lehrenden bieten, an die Stelle von Unterrichtssituationen mit einer vergleichsweise individuellen Betreuung durch Lehrkräfte. Ferner müssen Studierende den Kontakt nun selbst suchen und Feedback einfordern, was gerade unter den Studienabbrechenden vergleichsweise selten passiert (Heublein et al., 2017). Die Abschaffung der Anwesenheitspflicht im aktuellen Hochschulgesetz NRW vom 16. September 2014 (§64, Absatz 2) verleitet zudem viele Studierende dazu, bestehende Lehrveranstaltungen und damit die Chance auf Feedback nicht wahrzunehmen, wenngleich sich daraus für Sie andere Vorteile ergeben.

Als ökonomische Alternative zu solchen interpersonalen Lehr-/Lernsituationen kann eine Online-Lernumgebung dienen. Über einen webbasierten Übungsbetrieb lässt sich zeitlich und räumlich weitgehend unabhängig fehlerspezifisches Feedback über eine automatisierte Evaluation von Fehlern für viele Studierende gleichzeitig zugänglich machen. Über einen Bug-Related-Tutoring Algorithmus (Narciss, 2006) ergibt sich insbesondere für Studierende mit wenig Vorwissen als Risikogruppe für einen Studienabbruch der Vorteil, zeitlich und räumlich flexibel spezifische Rückmeldungen zum Lernstand und Hilfestellungen erhalten zu können. Die Digitalisierung spielt dank immer leistungsfähiger werdenden Rechnern auch der Hochschullehre eine immer größere Rolle. Dieses Feld ist jedoch vergleichsweise jung. Daher gestaltet sich die Entwicklungsarbeit und Forschung in diesem Bereich zwar interessant, zugleich aber auch herausfordernd. Für das Modul Allgemeine Chemie, das erste Modul im Bachelorstudiengang Chemie, wird im vorgestellten Projekt ein entsprechendes neues Übungsformat realisiert.

Bevor ein großer Pool an Aufgaben erstellt werden kann, der den Stoff eines Semesters adäquat zu trainieren vermag, muss zunächst eine geeignete Plattform gewählt werden, auf der eine Lernumgebung im oben beschriebenen Umfang realisiert werden kann. Des Weiteren muss die Lernumgebung durch einen Prototyp, der erste repräsentative Aufgaben enthält, hinsichtlich Anwenderfreundlichkeit und Feedbacknutzen evaluiert werden. Die Wahl fiel auf die universitätsintern entwickelte Lehr-/ Lernplattform „JACK“ (Goedicke, 2018), die es bereits ermöglicht, computergestützte Übungen und Prüfungen mit automatischer Bewertung und fehlerspezifische Feedback-Generierung für die Fächer Mathematik und Informatik zu

erstellen. Das Fach Chemie stellt diese Plattform vor besondere Anforderungen in Bezug auf die Eingabe und Überprüfung von Lösungen. Zwischen drei sich wechselseitig beeinflussenden Bereichen musste bei der Aufgabenkonzeption eine Balance gefunden werden: Darstellungs- und Eingabemöglichkeiten und -grenzen der Lernplattform, Programmierung fehlerspezifischen Feedbacks und dem Bedienen der Lernziele aus Vorlesung. Fachliche Grundlage bildeten das Material aus Vorlesung und die Paper-Pencil-Aufgaben aus der Übung. Folgende Forschungsfragen wurden in diesem Projekt adressiert:

FF1: Lassen sich papierbasierte Übungsaufgaben der Allgemeinen Chemie in eine Online-Lernumgebung überführen, ohne die gegebenen Lernziele erheblich zu verändern?

FF2: Wie beurteilen Studierende die so entwickelte Lernumgebung hinsichtlich Feedbacknutzen, Anwenderfreundlichkeit und weiteren Veränderungen im Vergleich zu Papieraufgaben?

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurden die zugrundeliegenden Operatoren (Cursio & Duiomba, 2015) der Aufgaben aus der Übung auf Umsetzbarkeit mit der Lernumgebung geprüft. Hierbei wurde eng mit dem Entwickler-Team der JACK-Plattform zusammengearbeitet. Die Prinzipien multimedialen Lernens nach Mayer (2009) bildeten den Ausgangspunkt für die Gestaltung der Aufgaben (in Anhängigkeit von den Möglichkeiten der JACK-Plattform). Zurzeit können Aufgaben über Fill-In-Felder und Drop-Down-Menüs mit folgenden Operatoren durch bestehende JACK-Aufgaben abgebildet werden: auswerten, klassifizieren, nennen, bestimmen, berechnen, prüfen und formulieren. Aus den Aufgaben aus der Übung wurden Lernziele mit den entsprechenden Operatoren abgeleitet und zu diesen Lernzielen dann wiederum JACK-Aufgaben erstellt, deren Eingabemöglichkeiten den Paper-Pencil-Eingaben visuell sehr nahekommen. Problematisch erwiesen sich hingegen die Operatoren skizzieren und zeichnen (Analyse der freien Eingabe von Formen notwendig) sowie erklären und beschreiben (Analyse von Freitext notwendig). Obwohl diese Operatoren in vielen Lernzielen der Allgemeinen Chemie vorkommen, können diese von JACK-Aufgaben bislang nicht realisiert werden. Die Lernplattform ist zudem nicht in der Lage ganze Lösungswege nach Fehlern zu evaluieren. Somit waren auch Anpassungen in den Aufgabenstellungen nötig. Zwischenergebnisse mussten abgefragt werden, um Fehler in den Lösungswegen der Studierenden verorten zu können. Das führte zu einer Vorstrukturierung des Lösungsprozesses durch die Aufgabenstellung. Es wird aber weiterhin das gleiche Hauptlernziel wie bei den Paper-Pencil-Aufgaben bedient, jedoch ändern sich so die Teilernziele. Insgesamt konnten 24 feedbackgestützte Aufgaben zu vier Themenbereichen entwickelt werden, an denen exemplarisch die Benutzeroberfläche evaluiert wurde. Der BRT-Feedback Algorithmus (Narciss, 2006) bildet die Grundlage für die Online-Lernumgebung. Je Aufgabe existieren drei Möglichkeiten für den Studierenden Feedback zu erhalten.

1. Stufe: Nach dem ersten Fehlversuch

- Knowledge of result  
(Korrektheit)

2. Stufe: Nach dem zweiten Fehlversuch

- Knowledge of result
- Knowledge of mistake  
(Fehlerort)
- Knowledge of how to proceed

3. Stufe: Nach dem dritten Fehlversuch

- detaillierte Musterlösung

Löst ein Lernender die Aufgabe nicht, gelangt er zur nächsten Feedbackstufe. Löst er die Aufgabe, wird er zur nächsten Aufgabe aus demselben Themenkomplex weitergeleitet.

Es konnten sieben Probanden gewonnen werden, vier davon mit didaktischer Expertise (Master-Studierende im Lehramtsstudium), drei Probanden aus der Studieneingangsphase des Chemiestudiengangs, um die Lernumgebung adäquat testen zu können. Der Fokus lag hier nicht nur auf der Lösung der Aufgaben, sondern vor allem auch auf der Bewertung der Lernsituation.

Die Probanden wurden dazu angehalten sich auf vergangene Paper-Pencil-Übungen zu besinnen und im Vergleich dazu die Lernumgebung, im Anschluss an die Erkundungsphase, gestützt durch Leitfragen, in einem Interview zu bewerten. Es gibt dementsprechend nur einen Messzeitpunkt, an diesem wurde die Lernumgebung sowohl erprobt (120 Minuten Arbeitszeit), als auch über ein leitfadengestütztes Interview evaluiert. Die Transkripte wurden hinsichtlich der Aspekte Feedbacknutzen, Anwenderfreundlichkeit und weiterer Veränderungen im Vergleich zu Paper-Pencil-Aufgaben mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) ausgewertet. Insbesondere die Visualisierung der Aufgaben stand hierbei im Vordergrund.

Das Meinungsbild zur Lernumgebung ließ insgesamt auf eine gelungene Umsetzung der Demoversion schließen. Die Aufgaben wurden von allen Probanden als verständlich und gut strukturiert beschrieben. Das fehlerspezifische Feedback wurde von sechs der sieben Probanden bei allen Aufgaben als hilfreich und motivierend empfunden. Besonders die Informationen über den Fehlerort wurden dabei gelobt, da es bei Misserfolgen nach Angabe von drei Probanden den Frustrationsgrad reduzierte.

Verbesserungsvorschläge gab es fast ausschließlich in Bezug auf die visuelle Darstellung der Lernumgebung. Durch zusätzliche Trennstriche und Rahmungen könnten Sinnelemente besser voneinander abgegrenzt werden. Des Weiteren sollten aufgabenbezogene Informationen deutlicher hervorgehoben werden, damit die Lernenden nur noch Fehler machen, die nicht durch Überlesen von Informationen zustande kommen.

Der einzige Kritikpunkt am Feedback wurde am ersten Feedback (knowledge of result) festgemacht. Dieses wurde als wenig hilfreich empfunden, denn ohne genaue Angabe des Ortes scheinen einige chemische Aufgaben (z. B. Reaktionsgleichungen) zu komplex, um Fehler selbstständig finden zu können. Das erste Feedback empfanden Studierende daher als demotivierend. Für die spätere Lernumgebung wünschten sich viele Probanden, bereits beim ersten Feedback eine ungefähre Angabe über Ort und Ausmaß des Fehlers zu erhalten.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich auf Basis des von Narciss (2006) entwickelten BRT-Feedback-Algorithmus eine vielversprechende Online-Lernumgebung für das Fach Chemie erstellen lässt. Es konnte eine Demoversion der späteren Lernumgebung erfolgreich zur überwiegenden Zufriedenheit der Probanden realisiert werden. Für Lerninhalte, die in JACK-Aufgaben überführt werden können, konnte gezeigt werden, dass die Hauptlernziele der Übungsaufgaben durch Online-Lernaufgaben abgebildet werden können. Die zur Ermittlung spezifischer Fehler vorgenommenen Änderungen in der Aufgabenstellung der Online-Lernaufgaben strukturieren die Aufgaben zwar stärker vor, die zur Aufgabenlösung erforderlichen Arbeitsschritte bleiben aber gleich. Zudem begrenzt sich die Menge sinnvoller Aufgaben für die feedbackgestützte Online-Lernumgebung auf prozessorientierte Aufgaben. Die reine Abfrage von Faktenwissen (z.B. über Multiple Choice Aufgaben) ist aufgrund des BRT-Algorithmus nur schwer möglich, da hier kaum sinnvolles fehlerspezifisches Feedback gegeben werden kann, das nicht zugleich in einem erheblichen Maße die Lösung vorwegnimmt.

### Literatur

- Averbeck, D., Fleischer, J., Sumfleth, E., Leutner, D., & Brand, M. (2017). *Analyse chemischen Fachwissens und dessen Einfluss auf Studienerfolg*. In: C. Maurer (Ed.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 83-87). Universität Regensburg.
- Cursio, M. & Duiomba, F. (2015). *Formulierung kompetenzorientierter Lernziele auf Modulebene* (03.04.2018). Erlangen: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Verfügbar unter <https://www.nat.fau.de/files/2015/12/03-Leitfaden-Leitfaden-zur-Formulierung-kompetenzorientierter-Lernziele-auf-Modulebene-NatFak-und-FBZHL.pdf>
- Goedicke, M. (2018). *Specification of Software Systems. JACK - Ein automatisches Übungs- und Prüfungssystem*, Paluno -The Ruhr Institute for Software and Technology. Zugriff am 07.07.2018. Verfügbar unter <http://www.s3.uni-duisburg-essen.de/jack/>
- Hattie, J. & Timperley, H. (2016). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77 (1), 81–112. DOI:10.3102/003465430298487
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen*. Hannover: DZHW.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (Second edition). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 601–613). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden.
- Narciss, S. (2006). Informatives tutorielles Feedback. Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 56). Münster: Waxmann.

Sebastian Hümbert-Schnurr<sup>1</sup>  
 Marcel Thomas<sup>2</sup>  
 Rainer Wackermann<sup>2</sup>  
 Maria Degeling<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bergische Universität Wuppertal  
<sup>2</sup>Ruhr-Universität Bochum

## Implementierung lernwirksamen Feedbacks in Physikdidaktik-Seminaren

### Ausgangslage

Aus lernpsychologischer Perspektive lässt sich Feedback allgemein definieren als Information, die dabei helfen soll eine Diskrepanz zwischen „Ist-Zustand“ und „Soll-Zustand“ hinsichtlich eines Lernziels zu reduzieren (Müller & Ditton, 2014). Feedback ist eines der wirkungsvollsten Werkzeuge, das Lehrkräften in Lehr-Lern-Situationen zur Verfügung steht ( $d=0,75$ ) (Hattie, 2009; Kluger & Denisi, 1996). Ein differenzierter Blick zeigt jedoch, dass nur bestimmte Formen von Feedback tatsächlich lernförderlich sind (Hattie & Wollenschläger, 2014).

Eine Analyse videografierten Physikunterrichts zeigt, dass lernförderliche Formen von Feedback in der Praxis selten vorkommen. Eine denkbare Ursache dafür ist, dass solches Feedback nicht intuitiv ist, sondern erlernt und trainiert werden muss. Auch wirkt offenbar die Sorge, dass solches Feedback sehr zeitintensiv sein könnte, in der Praxis abschreckend (Wiggins, 2012). Es erscheint daher sinnvoll bereits in der universitären Ausbildung Rahmenbedingungen zu schaffen, in denen angehende Lehrkräfte Feedback als wirkungsvolles und praktikables didaktisches Werkzeug erfahren können.

Dazu wurde ein Seminarkonzept entwickelt und erprobt, das es erlaubt die Gabe lernförderlichen Feedbacks zu erlernen und zu trainieren, indem Feedback als zentrales didaktisches Element eingesetzt und somit für die Studierenden erfahrbar gemacht wird.

Im Folgenden wird zunächst eine Feedbackmethode zur Gabe lernförderlichen Feedbacks vorgestellt, welche grundlegend für das Seminar ist. Danach wird das Seminarkonzept vorgestellt und eine erste Evaluation nebst kritischer Reflexion zur weiteren Überarbeitung des Konzepts nach den Grundsätzen der partizipativen Aktionsforschung (Altrichter, Posch, & Spann, 2018) präsentiert.

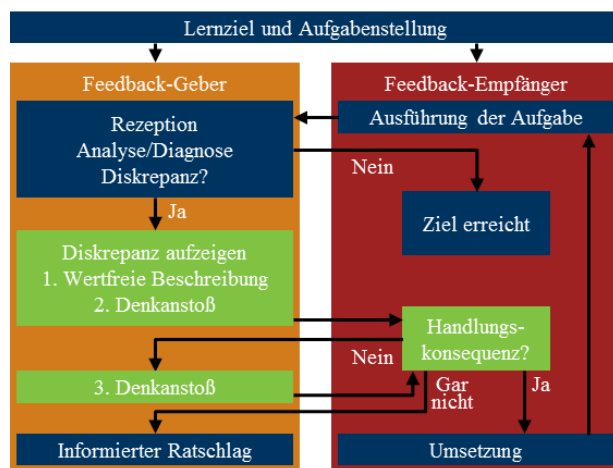


Abb. 1: Instruktionsmodell lernförderliches Feedback

### Instruktionsmodell lernförderliches Feedback

Damit eine Rückmeldung die gewünschte Wirkmacht erzielen kann, muss sie einer Reihe von Kriterien genügen. Dazu zählen insbesondere die folgenden (Wiggins, 2012):

- Belastbare und objektivierbare Aussagen
- Transparenz und Lernzielbezug
- Abgrenzung von Lob, Kritik und Ratschlag
- Timing, Adressatengerechtigkeit, Konsistenz

### - Raum für Feedbackschleifen

Auf der Basis etablierter Modelle zur Beschreibung effektiven Feedbacks (Hattie, 2009; Narciss, 2005, 2014) und informiert durch das Handlungskonzept der Gewaltfreien Kommunikation nach Rosenberg (Rosenberg, 2016) wurde ein instruktives Modell zur Gabe lernförderlichen Feedbacks abgeleitet, mit dem diese Kriterien erfüllt werden können (vgl. Abb. 1). Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um einen Dreischritt. Die Wertfreiheit in der Beschreibung einer relevanten Beobachtung im ersten Schritt stellt sicher, dass das Feedback auf belastbaren und objektivierbaren Aussagen beruht. Die Wirkung des Beschriebenen auf das Erreichen der zuvor transparent gemachten Lernziele wird im zweiten Schritt nachvollziehbar erläutert. Diese Informationen können bereits genügen um dem Feedback-Empfänger zu ermöglichen, eigenständig eine Veränderung zur Reduktion der Diskrepanz abzuleiten. Gelingt es ihm nicht, so kann der Feedback-Geber Denkanstöße formulieren. Diese sind so zu gestalten, dass sie dem Empfänger keine konkrete Handlungsanweisung vorgeben, sodass dieser noch die Chance hat, selbst eine Idee zu entwickeln. Ein konkreter Ratschlag kann erfolgen, wenn die Denkanstöße nicht greifen oder wenn die Zeit knapp wird. Das skizzierte Vorgehen ermöglicht es, Lob und Kritik zu vermeiden, welche den Lernprozess auf emotionaler Ebene behindern können, und bewahrt vor voreiligen und intransparenten Ratschlägen, welche den Lernenden eventuell um wichtige Kompetenzerlebnisse bringen können. Des Weiteren lässt es sich zeitnah, adressatengerecht und konsistent sowohl mündlich als auch schriftlich ausgestalten.

### Seminarkonzept

Die Implementierung von Feedback als didaktisches Instrument im Seminar erfordert neben der Einführung einer Feedbackmethode (hier über das Instruktionsmodell) vor allen Dingen die transparente Kommunikation klarer Lernziele, das Schaffen von Übungsgelegenheiten sowie das Einplanen von Feedbackschleifen, um erhaltenes Feedback umzusetzen. Des Weiteren bietet es sich an, die Studierenden ein dem Seminarinhalt gebührendes Produkt, in



diesem Falle eine nach Basismodellen geplante Microlesson, erstellen und vorstellen zu lassen, zu welchem sie dann Feedback geben und erhalten. Durch die Umsetzung des Feedbacks erfolgt eine vertiefte Beschäftigung mit dem Seminarinhalt. Für das Seminar „Planen und Erproben von Physikunterricht“ in der Bachelor-Phase ergab sich damit der in Abb. 2 gezeigte Seminarverlauf.

Das Geben von Feedback wurde mündlich während der Unterrichtseinheiten sowie schriftlich via Moodle-Plattform im Anschluss an die Einheiten geübt und wiederum gefeedbackt.

Abb. 1: Seminarkonzept für das Bachelor-Seminar „Planen und Erproben von Physikunterricht“



In der Planungsphase des Seminars erhielten die Studierenden in Feedbackgesprächen Gruppencoachings zu ihren Entwürfen. Vor der ersten Erprobung erhielten die Studierenden einen Workshop zu den Themen Sprechtechnik und Stimmgestaltung, um ihnen zusätzlich relevante Gestaltungsmittel für ihre Präsentationen an die Hand zu geben. Nach der ersten Erprobung der Microlessons erhielten die Gruppen von den Mitstudierenden und den Dozenten Feedback hinsichtlich der Einhaltung der Basismodellvorgaben sowie ihrer Performanz als Lehrpersonen, welches diese dann aufgreifen konnten. Ihre Überarbeitungen wurden in einer zweiten Erprobung zwei Wochen später vorgestellt und erneut gefeedbackt. Abschließend wurde das gesamte Seminar hinsichtlich der Seminarziele reflektiert und Feedback zur Überarbeitung des Seminarkonzepts eingeholt.

### Erste Evaluation

Am Seminar *Planen und Erproben von Physikunterricht* in der Bachelorphase nahmen neun Studierende teil. Der Dozent war selbst Lerner lernförderlichen Feedbacks und wurde diesbezüglich von einem Experten (Erstautor dieses Beitrags) gecoacht.

Es wurde unter anderem evaluiert, inwieweit die Studierenden zum Ende des Seminars lernförderliches Feedback nach besagtem Modell geben können (FF1) und inwieweit sie Unterricht nach den Basismodellen des Lehrens und Lernens nach Fritz Oser (eigentlicher Seminarinhalt) planen können (FF2).

Um die Qualität des Feedbacks der Studierenden zu analysieren (FF1), wurde ein Manual entwickelt ( $\kappa=0,8$ ), mit dessen Hilfe alle Studierendenfeedbacks ( $n=70$ ) zu den sechs Microlessons am Ende des Seminars analysiert wurden. Die Beschränkung auf die *wertfreie Beschreibung* und den *Zielabgleich* ergibt sich, da ein Denkanstoß nicht immer notwendig ist. Die Ergebnisse sind in der Tabelle aufgeführt. Die Studierenden konnten in 57 bzw. 62 von 70 Feedbacks die wertfreie Beschreibung bzw. den Zielabgleich voll oder eher umsetzen.

| n=70         | voll umgesetzt | eher umgesetzt | wenig umgesetzt | nicht umgesetzt |
|--------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Wertfreiheit | 43             | 14             | 9               | 4               |
| Zielabgleich | 57             | 5              | 6               | 2               |

Bezüglich FF2 wurden die Planungen und die Erprobungen der Microlessons nach dem Manual von Wackermann et al. (Wackermann, Trendel, & Fischer, 2010) eingeschätzt. Sie sind alle basismodellkonform.

### Grenzen, Diskussion und Fazit

Diese Studie wurde als erster Durchlauf im Rahmen einer langfristigeren partizipativen Aktionsforschung mit einer kleinen Stichprobe durchgeführt. Der Betreuungsaufwand ist durch die Coaching-Gespräche und das schriftliche Dozentenfeedback relativ hoch. Es wurden mehrere Änderungen zeitgleich implementiert, was eine Konfundierung von Maßnahmen bedeutet. Auf Grund der Fülle an Neuerungen und die besondere Situation durch Videografieren der Seminarstunden und Coaching des Dozenten kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Hawthorne-Effekt wirksam wird.

Nichtsdestotrotz zeigt sich, dass lernförderliches Feedback nach dem oben vorgestellten Modell grundsätzlich erlernbar und einschätzbar ist (FF1), wenngleich der Aspekt der Wertfreiheit im ersten Schritt bis zum Ende des Seminars für Einzelne eine Hürde darstellte. Darüber hinaus stellte sich heraus, dass das eigentliche Seminarziel, hier die Kompetenz, Unterricht mittels der Basismodelle des Lehrens und Lernens planen zu können, trotz des Metathemas voll erreicht wurde (FF2). Nach Einschätzung des Dozenten wurde das Ziel mutmaßlich sogar besser erreicht als in früheren Seminaren.

### Literatur

- Altrichter, H., Posch, P., & Spann, H. (2018). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht* (5th ed.). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of 800+ meta-analyses on achievement*. Abingdon: Routledge.
- Hattie, J., & Wollenschläger, M. (2014). A conceptualization of feedback. In H. Ditton & A. Müller (Eds.), *Feedback und Rückmeldungen. Theoretische Grundlagen, empirische Befunde, praktische Anwendungsfelder*. Münster, New York: Waxmann.
- Kluger, A. N., & Denisi, A. (1996). The Effects of Feedback Interventions on Performance: A Historical Review a Meta-Analysis, and a Preliminary Feedback Intervention Theory. *Psychological Bulletin*, 119(2), 254–284.
- Müller, A., & Ditton, H. (2014). Feedback: Begriff, Formen und Funktionen. In H. Ditton & A. Müller (Eds.), *Feedback und Rückmeldungen. Theoretische Grundlagen, empirische Befunde, praktische Anwendungsfelder*. Münster, New York: Waxmann.
- Narciss, S. (2005). *Informatives Tutorielles Feedback. Ableitung und empirische Überprüfung von Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse*. Technische Universität Dresden.
- Narciss, S. (2014). Modelle zu den Bedingungen und Wirkungen von Feedback in Lehr-Lernsituationen. In H. Ditton & A. Müller (Eds.), *Feedback und Rückmeldungen. Theoretische Grundlagen, empirische Befunde, praktische Anwendungsfelder*. Münster, New York: Waxmann.
- Rosenberg, M. B. (2016). *Gewaltfreie Kommunikation: Eine Sprache des Lebens* (12th ed.). Paderborn: Junfermann Verlag.
- Wackermann, R., Trendel, G., & Fischer, H. E. (2010). Evaluation of a Theory of Instructional Sequences for Physics Instruction. *International Journal of Science Education*, 32(7), 963–985.
- Wiggins, G. (2012). Seven Keys to Effective Feedback. *Educational Leadership*, 70(1), 10–16.

Thomas Rubitzko<sup>1</sup>  
 Matthias Laukenmann<sup>2</sup>  
 Erich Staraschek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professional School of Education  
 Stuttgart-Ludwigsburg  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

## **Grundkonzepte der Mechanik in der Elektrodynamik kumulativ lehren**

### **Zusammenfassung**

Kumulatives Lehren (vgl. z.B. Gagné, 1968) in drei aufeinanderfolgenden Hochschulveranstaltungen soll zu stabilen für den späteren Unterricht relevanten Grundkonzepten zur Mechanik – oder anders gesagt zu fachlichen Kompetenzen – bei Lehramtsstudierenden führen. Nach einer Vorlesung zur Mechanik mit integrierten Übungen und den Schulversuchen zur Mechanik wurden in einer Elektrodynamikvorlesung an geeigneten Stellen die Grundkonzepte der Mechanik wie z.B. das Kraftkonzept im Kontext von elektrischen und magnetischen Feldern explizit wieder aufgegriffen. Der Aufbau elaborierter Wissensstrukturen erfolgte auch anhand schulnaher Kontexte und durch kognitiv aktivierende Maßnahmen (vgl. Renkl, 2011). Wir zeigen dies an zwei Beispielen. Wir folgen bei der Entwicklung dem Design-Based Research-Ansatz (Reinmann, 2005) und streben neben der Verbesserung der eigenen Lehre auch einen für andere Hochschulstandorte adaptierbaren Prototyp einer Veranstaltungsreihe zur Einführung in die Mechanik für Lehramtsstudierende an.

### **Grundkonzepte der Mechanik zu Beginn des Referendariats beherrschen**

Studierende des Lehramts Physik sollten am Ende des Hochschulstudiums Grundkonzepte der Physik zuverlässig in Unterrichtssituationen anwenden können. Physikalische Grundkonzepte werden aber oft erst im Laufe der zweiten Phase erworben (Borowski et al., 2011). Dies erfordert zusätzliche zeitliche Ressourcen, die im Sinne einer Lehrprofessionalisierung zu Beginn der zweiten Phase besser in die Unterrichtsvorbereitung fließen sollten, z.B. in die didaktische Unterrichtsplanung. Mit der oben beschriebenen Veranstaltungsreihe versuchen wir an der PH Ludwigsburg im Bereich der Mechanik sicherzustellen, dass die Grundkonzepte der Mechanik schon während des Studiums so erworben werden, dass sie in der Schule insbesondere fachlich richtig, angewendet werden können. Zu den Grundkonzepten der Mechanik zählen wir die Konzepte von Ort, Geschwindigkeit und Beschleunigung und deren Zusammenhänge, das Konzept der Kraft und die damit verbundenen Newtonschen Axiome, die Konzepte Drehmoment, Drehimpuls, Impuls und Energie. Sie unterscheiden sich von den ‚Basiskonzepten‘ der KMK-Richtlinie (KMK, 2005).

### **Design-Based Research Ansatz mit den Designprinzipien kumulatives Lernen und kognitive Aktivierung**

Bei der Entwicklung der Lehrveranstaltungsreihe folgen wir dem Design-Based Research-Ansatz (Reinmann, 2005). Als Entwicklungsbasis konnten wir auf eine seit über zehn Jahren etablierte, kontinuierlich überarbeitete Vorlesung zurückgreifen. Mit der Qualitätsinitiative Lehrerbildung bot sich erneut die Möglichkeit, die Ausbildung im Bereich Mechanik zu überarbeiten und zu evaluieren (John & Staraschek, 2018a).

Die mehrfachen Entwicklungs-, Erprobungs- und Evaluationszyklen sollen einerseits die eigene Lehre verbessern und andererseits zu einem Prototyp für effektive Hochschullehre im Lehramtsstudium Physik führen, der an anderen Hochschulen adaptiert werden kann. Die Weiterentwicklung basiert auf einer kumulativen Lehre nach dem Modell von John & Staraschek (2018b).

Das kumulative Lehren der Grundkonzepte der Mechanik ist auf der Makroebene an einem Spiralcurriculum orientiert. So werden die Inhalte der „Grundvorlesung zur klassischen Mechanik mit integrierten Übungen“ (hierzu Rubitzko et al., 2018a) in den Veranstaltungen im Semester nach der Grundvorlesung in den „Schulversuchen zur Mechanik“ (hierzu Rubitzko et al., 2018b) und wieder ein Semester später in der „Vorlesung mit integrierten Übungen zur Elektrodynamik“ (4. Semester) aufgegriffen.

Ein weiteres allgemeines Designprinzip neben dem kumulativen Lehren war die kognitive Aktivierung der Studierenden. Der Begriff wird von uns im Sinne von Renkl (2011) verwendet und führte zu entsprechenden Lehr-Lern-Arrangements und Instruktionen.

### Mechanik in der Vorlesung mit integrierter Übung zur Elektrodynamik

In der Elektrodynamik werden im Themenfeld „geladene Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern“ Grundkonzepte der Kinematik, das Kraftkonzept sowie die Erhaltungssätze von Energie und Impuls aus der Grundvorlesung anhand von Aufgaben aufgegriffen. Expliziert werden diese Grundkonzepte der Mechanik in etwa fünf Prozent der Vorlesungszeit. Peer Instruction und das Erarbeiten von Erklärungen und die anschließende Diskussion in Kleingruppen sollen für die kognitive Aktivierung sorgen. Dabei werden einschlägige Fehlkonzepte thematisiert und die Grundkonzepte aus den Veranstaltungen zur Mechanik der Semester zuvor aufgegriffen.

### Beispiel zur Peer Instruction und den Newtonschen Axiomen

In der von Eric Mazur (1997) vorgeschlagenen Peer Instruction, erhalten die Studierenden schnell zu beantwortende Fragen im Multiple-Choice-Format (siehe Abb. 1). Die Studierenden schreiben ihre Lösung auf ein Kärtchen und halten dieses hoch, so dass alle Studierenden sehen, welche Antworten gewählt werden. Danach diskutieren die Studierenden jeweils paarweise und stimmen erneut mit Kärtchen ab. Anschließend werden im Plenum die richtige Lösung und Fehlkonzepte diskutiert. So erfolgt eine zeitnahe Rückmeldung, ob die Studierenden die zu lernenden Inhalte auch in fernerer Kontexten und nach einer längeren Zeit immer noch zuverlässig anwenden können.

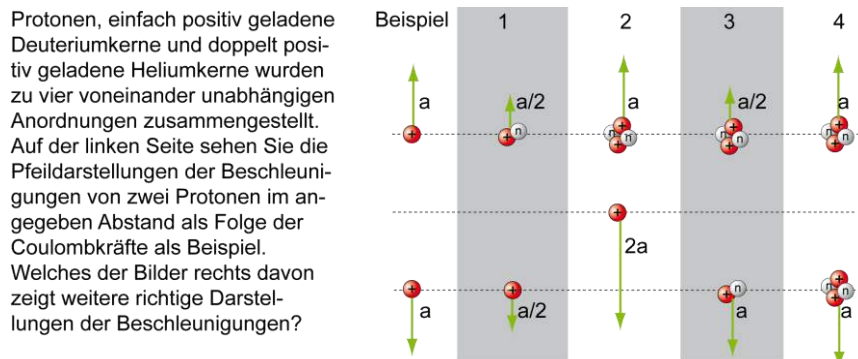


Abb. 1 Peer Instruction mit Multiple-Choice-Aufgabe zu geladenen Teilchen

Die Argumentation zur Aufgabe (Abb. 1) unter Verwendung der mechanischen Grundkonzepte könnte wie folgt verlaufen: Anfangs seien die Teilchen in Ruhe. Damit lässt sich über das Coulombgesetz für Punktladungen und ohne den Feldbegriff argumentieren. Die Kräfte, welche die Teilchen aufeinander ausüben, sind entgegengesetzt gerichtet und dem Betrage nach gleich. Dies gilt auch bei unterschiedlicher Ladungsmenge. Dies entspricht Actio gegen gleich Reactio und somit Newton III.

Nach Newton II ist nun die Beschleunigung der beiden Teilchen jeweils sowohl proportional zu den Kräften, die auf die Teilchen ausgeübt werden und umgekehrt proportional zur Masse der Teilchen. Ergo: Die Lösungen 1 und 2 sind falsch, die Lösungen 3 und 4 sind richtig.

### Beispiel zu Erklärungen anhand lückenhafter Kurzzusammenfassungen

Als zweite kognitiv aktivierende Maßnahme sollen die Studierenden Erklärungen erstellen, diese im Plenum vorstellen und mit den anderen Studierenden diskutieren – dabei erklären Sie den Peers. Zu den Themen  $e/m$ -Bestimmung, Millikanversuch, Braunsche Röhre (siehe Abb. 2) und Halleffekt werden Bilder und lückenhafte Kurzzusammenfassungen mit mathematischen Formulierungen ausgegeben. Die Studierenden formulieren zu zweit einen ausführlichen Text zu einem der Themen, der diesen Vorgang unter Verwendung der wesentlichen Grundkonzepte der Mechanik lückenlos erklärt. Neben dem Eintragen von Kräften und sinnvollen Geschwindigkeitsvektoren für zwei Zeitpunkte für die geladenen Teilchen soll eine Energiebilanz und Impulsbilanz erstellt werden. Dies wird dann im Plenum jeweils den anderen Gruppen vorgetragen und gemeinsam mit diesen diskutiert.

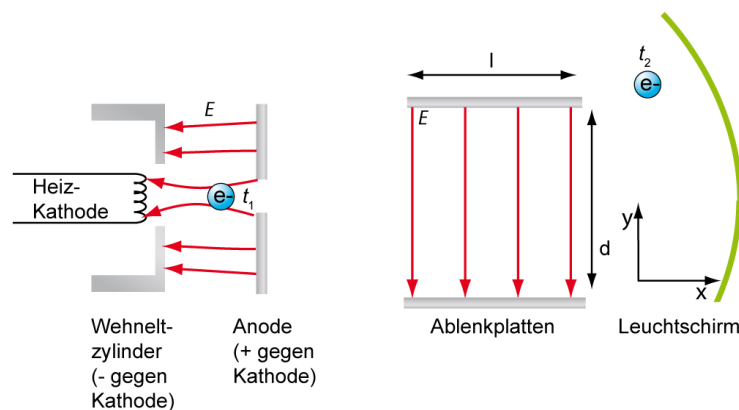


Abb. 2: Studierende formulieren einen erklärenden Text zur Skizze der Braunschen Röhre

Den Grundkonzepten der Mechanik folgend kann zur Abb. 2 folgendermaßen argumentiert werden: Für die Anwendung des Energie- und später des Impulssatzes wird das Elektron samt elektrischem Feld zwischen den fest montierten Platten, deren Potentialdifferenz konstant gehalten wird, als ein abgeschlossenes System betrachtet. So gesehen wird die Energie des elektrischen Feldes in kinetische Energie verwandelt. Alternativ kann auch das Elektron allein betrachtet werden. Nun wird die Kraft vom Feld außerhalb des betrachteten Systems auf das Elektron ausgeübt. Da sich das Elektron über die Strecke  $d$  bewegt, wird die Arbeit  $W = eEd$  verrichtet, oder anders gesagt, Energie geht vom Feld ins Elektron. Wenn man das Teilchen und die Apparatur als zwei zuerst ruhende wechselwirkende Körper bei einem Stoß sieht, dann führt die Impulserhaltung dazu, dass die Apparatur den Impuls in entgegengesetzte Richtung wie das Elektron erhält, aber aufgrund der großen Masse faktisch die Geschwindigkeit Null hat. Analog zum waagrechten Wurf führen kinematische Überlegungen zur Trajektorie des Elektrons zwischen den Ablenkplatten.

### Danksagung

Die Entwicklung und Evaluation der Lehr-Lern formen zur Unterstützung von kumulativem Lernen von physikalischen Grundkonzepten ist ein Teilprojekt des Verbundvorhabens Lehrerbildung PLUS der PSE Stuttgart-Ludwigsburg. Es wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

### Literatur

- Borowski, A.; Kirschner, S.; Liedtke, S. & Fischer, H.E. (2011). Vergleich des Fachwissens von Studierenden, Referendaren und Lehrenden in der Physik. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* 1 (10), 1-9.
- Gagné, R. (1968). Contributions of Learning to Human Development. *Psychological Review*, 75, 177-191.
- John T. & Staraschek E. (2018b). Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik. Entwicklung eines Modells zur professionsorientierten Fachausbildung von Physik Lehrkräften. *Didaktik der Physik Frühjahrstagung Würzburg 2018. PhyDid B*.
- John, T. & Staraschek, E. (2018a). Evaluationsdesign zum Lehrmodell ‚Kumulatives Physiklehren und – lernen‘ (im Druck).
- Kultusministerkonferenz (Hrsg.) (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft* 1, 52-69.
- Renkl, A., (2011). Aktives Lernen: Von sinnvollen und weniger sinnvollen theoretischen Perspektiven zu einem schillernden Konstrukt Unterrichtswissenschaft. 39 (3), 197-212.
- Rubitzko, T., Laukenmann, M. & Staraschek, E. (2018a). Kumulatives Lehren der Mechanik in der Lehramtsausbildung. *Phydid B* (eingereicht)
- Rubitzko, T.; Laukenman, M. & Staraschek E. (2018b). Kumulatives Lehren und Lernen in der Lehramtsausbildung am Beispiel der Veranstaltung „Schulversuche zur Mechanik“ (im Druck).

## Entwicklung eines Seminarkonzepts zur Planung von Experimenten

### Motivation und theoretischer Hintergrund

Der Einsatz von Schülerexperimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht wurde in der didaktischen Forschung in Vergangenheit kontrovers diskutiert. Vor allem der notwendige Grad der Offenheit zur Vermittlung von Kompetenzen in den Bereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung ist noch immer weitgehend ungeklärt (Jiang & McComas, 2015; Sumfleth, Rumann & Nicolai, 2004). Einerseits werden kochbuchartige Anleitungen als wenig lernförderlich angesehen, da nicht die notwendigen Kognitionen, sondern das Abarbeiten von Experimentier-Schritten im Vordergrund stehen (Fischer et al., 2003; Prenzel & Parchmann, 2003). Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass neben der Durchführung vor allem die Planung und Auswertung von Experimenten durch die Schülerinnen und Schüler zur Förderung von Kompetenzen im Bereich experimenteller Erkenntnisgewinnung beiträgt (Schulz, 2011; Tesch, 2005). Andererseits stehen offenere Experimentierformen in der Kritik, ggf. zu einer Überforderung der Schülerinnen und Schüler zu führen und den Lernerfolg nicht unbedingt zu steigern (Kirschner, Sweller & Clark, 2006; Wirth, Thillmann, Künsting, Fischer & Leutner, 2008). Mittlerweile gibt es einen Konsens darüber, dass durch einen angemessenen Grad an Strukturierung und Unterstützung die Komplexität des Experimentierprozesses herabgesetzt und so möglicher Überforderung der Schülerinnen und Schüler entgegengewirkt werden kann (Arnold, Kremer & Mayer, 2017; Koenen, Emden & Sumfleth, 2016). Das rückt die Kognitionen beim Experimentieren wieder in den Fokus, ohne jedoch dabei die Schülerinnen und Schüler zu überfordern.

Damit (Chemie-)Lehrkräfte in der Lage sind, Experimentierprozesse für ihre Schülerinnen und Schüler zu optimieren, benötigen sie Wissen über Experimente und deren Einsatz im Unterricht. Dieses Wissen wird als Bestandteil des fachdidaktischen Wissens einer Lehrkraft verstanden (Gramzow, Riese & Reinhold, 2013). Da der Einsatz von Experimenten im Unterricht einer sinnvollen Vor- und Nachbereitung sowie einer durchdachten Integration in den Lehr-Lern-Prozess bedarf (Kechel, 2016), müssen Chemielehrerinnen und -lehrer darüber hinaus entsprechende Planungskompetenzen besitzen. Zur Planung von Experimentierprozessen zählen neben den genannten Unterstützungs- und Strukturierungsmaßnahmen (Hänze, Schmidt-Weigand & Blum, 2007; Wahser & Sumfleth, 2008) weitere Kriterien, wie das Setzen klarer Ziele (Hofstein & Lunetta, 2004; Schulz, 2011), eine offene, schülerzentrierte Herangehensweise (Priemer, 2011) sowie die Anpassung der Offenheit an Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler (Koenen et al., 2016).

Um die Planungskompetenz bezüglich offenen schülerzentrierten Experimentierens zu fördern, wurde ein universitäres Seminar konzipiert. In diesem werden die oben genannten Kriterien für die Planung adaptiv offen gestalteter Experimente in Form einer Strukturierungshilfe aufgegriffen und durch eigenständiges Entwerfen von Experimentierprozessen durch die Studierenden angewendet. Das Seminarkonzept orientiert sich dabei an Grundelementen einer Learning Study (Nilsson, 2014). Die dabei wiederholt stattfindenden Prozesse der Planung, des Feedbacks, der Selbstreflexion und der Optimierung der Planungen haben ein lernförderliches Potential (Nilsson, 2014).

### Ziele und Forschungsfragen

Hauptziel des Projektes ist die Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der Planungskompetenzen von Chemie-Lehramtsstudierenden bezüglich offenen schülerzentrierten Experimentierens. Das führt zu folgenden Forschungsfragen (FF) und den damit verbundenen Zielen:

- FF 1: Lassen sich die Planungskompetenzen der Studierenden bezüglich offenen schülerzentrierten Experimentierens im Rahmen des konzipierten universitären Seminars fördern?
- FF 2: Welche Kriterien sind besonders hilfreich zur Förderung dieser Kompetenzen?
- FF 3: Kann das experimentell-fachdidaktische Wissen durch die Teilnahme am Seminar gesteigert werden?

### Methode und Testinstrumente

Um den Forschungsfragen nachzugehen, werden verschiedene Testinstrumente eingesetzt. Zur Überprüfung der ersten Forschungsfrage wird die Entwicklung eines Paper-Pencil-Tests, im Prä-Post-Follow Up-Design, angestrebt. Um genaue Aussagen über die Schwierigkeit und Anwendbarkeit der einzelnen Kriterien der Strukturierungshilfe zu erhalten, wird ein Kodiermanual benötigt, das eine genaue Analyse der im Seminar entwickelten Experimentierwürfe zulässt. Zur Klärung der FF 3 wird ein bereits bestehender Test adaptiert nach Backes, Sumfleth und Tepner (2012) herangezogen. In Tabelle 1 sind der Ablauf des universitären Seminars und das Forschungsdesign dargestellt.

*Tabelle 1: Ablauf des universitären Seminars mit Erhebungszeitpunkten*

| Termin | Phase                     | Inhalt                  | Erhebung        |
|--------|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| 1.     | Theoriephase              | Sicherheitsbelehrung    |                 |
| 2.     |                           | Einführung              | Prätest         |
| 3.     |                           | Theoretischer Input     |                 |
| 4.     | Praxisphase<br>Zyklus I   | Experimentierphase      |                 |
| 5.     |                           | Anwendungsphase         |                 |
| 6.     |                           | Reflexionsphase         | Analyse MZP I   |
| 7.     | Praxisphase<br>Zyklus II  | Experimentierphase      |                 |
| 8.     |                           | Anwendungsphase         |                 |
| 9.     |                           | Reflexionsphase         | Analyse MZP II  |
| 10.    | Praxisphase<br>Zyklus III | Experimentierphase      |                 |
| 11.    |                           | Anwendungsphase         |                 |
| 12.    |                           | Reflexionsphase         | Analyse MZP III |
| 13.    | Abschlussphase            | Abschlusspräsentationen |                 |
| 14.    |                           | Abschlusspräsentationen |                 |
| 15.    |                           | Abschluss               | Posttest        |

Nach einer Sicherheitsbelehrung und einer allgemeinen Einführung zum Ablauf des Seminars werden mittels Tests die Planungskompetenz bezüglich offenen schülerzentrierten Experimentierens sowie das experimentell-fachdidaktische Wissen erhoben. Außerdem werden in einem Fragebogen die fachspezifischen Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen abgefragt. Als theoretischen Input werden den Studierenden neben allgemeinen Aspekten des naturwissenschaftlichen Experimentierens die Strukturierungshilfe und die darin enthaltenen Kriterien zur Planung offener schülerzentrierter Experimente erläutert.



Zu Beginn der zyklischen Praxisphase suchen die Studierenden jeweils sechs Experimente zu den von ihnen gewählten Lehrplanthemen aus. Pro Experimentierphase führen die Studierenden zwei der gewählten Experimente selbst nach Anleitung durch. Bis zum nächsten Seminartermin entwickeln sie unter Verwendung der Strukturierungshilfe aus den rezeptartigen Experimentieranleitungen offene schülerzentrierte Experimente. Diese werden in der Anwendungsphase von ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen getestet, analysiert und mittels Feedbackbogen eingestuft. In einer abschließenden Reflexionsphase werden die eigenen Entwürfe reflektiert und optimiert.

Die Schritte der Experimentierphase, des Entwerfens der Planungen sowie der Anwendungs- und Reflexionsphase werden dabei dreimalig mit jeweils anderen Experimenten durchlaufen. Somit werden im Laufe des Seminars pro Person sechs offene schülerzentrierte Experimente entwickelt, getestet, reflektiert und optimiert. Diese Experimentierentwürfe werden am Ende eines jeden Zyklus erfasst und mit Hilfe eines selbstentwickelten Kodiermanuals qualitativ analysiert. Ein zusätzliches siebtes Experiment wird von jedem Studierenden seminarbegleitend entworfen, überarbeitet und am Ende des Seminars bei der Abschlusspräsentation im Plenum vorgestellt und anschließend diskutiert. Abschließend werden in einem Post-Test erneut die Planungskompetenzen, das experimentell-fachdidaktische Wissen sowie die fachspezifischen Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen erhoben. In einem Follow-Up-Test soll sechs bis acht Wochen nach Beendigung des Seminars erneut der Planungskompetenztest durchgeführt werden.

Das Seminarkonzept findet jeweils in zwei parallelen Kursen statt, welche sich in der Schulform unterscheiden (Gymnasial- und Realschullehramt), um ergänzend Hinweise auf eine eventuelle Schulformabhängigkeit des Seminarkonzepts zu erhalten.

### **Ergebnisse aus der Präpilotierung**

In einer Präpilotierung im Sommersemester 2018 wurde das Seminarkonzept anhand von 4 Studierenden erprobt. Die qualitative Auswertung der abschließenden Reflexion ergab Hinweise darauf, dass die alleinige Instruktion wichtiger Kriterien zur Planung von Experimentierprozessen aus Sicht der Studierenden nicht ausreichend ist, um diese beim Planungsprozess zu unterstützen. Als Konsequenz für die Pilotstudie wurden die Kriterien in einer Strukturierungshilfe angeordnet, welche die Studierenden bei der Entwicklung ihrer Entwürfe heranziehen können.

### **Ausblick**

Im weiteren Verlauf des Projektes sollen die oben genannten Messinstrumente entwickelt werden und in der Pilotstudie im Wintersemester 2018/19 zum Einsatz kommen. Im Sommersemester 2019 findet dann die Hauptstudie I und im darauffolgenden Wintersemester 2019/20 die Hauptstudie II statt.

## Literatur

- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23 (1), 21–37.
- Backes, A., Sumfleth, E. & Tepner, O. (2012). *Test zum experimentell-fachdidaktischen Wissen von Chemielehrkräften*. Unveröffentlichtes Manuskript, Essen.
- Fischer, H. E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Tiemann, R. & Wirth, J. (2003). Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 179–208.
- Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7–30.
- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F. & Blum, S. (2007). Mit gestuften Lernhilfen im naturwissenschaftlichen Unterricht selbstständig lernen und arbeiten. In K. Rabenstein & S. Reh (Hrsg.), *Kooperatives und selbstständiges Arbeiten von Schülern. Zur Qualitätsentwicklung von Unterricht* (1. Aufl., S. 197–208). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education. Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28–54.
- Jiang, F. & McComas, W. F. (2015). The Effects of Inquiry Teaching on Student Science Achievement and Attitudes: Evidence from Propensity Score Analysis of PISA Data. *International Journal of Science Education*, 37 (3), 554–576.
- Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren*. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work. An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41 (2), 75–86.
- Koenen, J., Emden, M. & Sumfleth, E. (Hrsg.). (2016). *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung* (Ganz In - Materialien für die Praxis). Münster: Waxmann.
- Nilsson, P. (2014). When Teaching Makes a Difference: Developing science teachers' pedagogical content knowledge through learning study. *International Journal of Science Education*, 36 (11), 1794–1814.
- Prenzel, M. & Parchmann, I. (2003). Kompetenz entwickeln - Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. *Naturwissenschaften im Unterricht/Chemie*, 14, 15–19.
- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 315–337.
- Schulz, A. (2011). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht*. Zugl.: Duisburg, Essen, Univ., Diss., 2010. Logos, Berlin.
- Sumfleth, E., Rumann, S. & Nicolai, N. (2004). Schulische und häusliche Kooperation im Chemieanfangsunterricht. In J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung; [BIQUA]* (S. 284–302). Münster u.a.: Waxmann.
- Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 42). Zugl.: Kiel, Univ., Diss., 2005. Berlin: Logos-Verl.
- Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219–241.
- Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H. E. & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54, 361–375.

## Erfassung von Überzeugungen zum Lernen und Lehren von Fachmethoden

### Theoretischer Hintergrund und Desiderata

Eine zentrale Aufgabe von Lehrkräften ist es, guten Unterricht zu planen und durchzuführen. Häufig wird angenommen, dass die Qualität des Unterrichtsangebots maßgeblich von der professionellen Kompetenz der Lehrkraft abhängt (z. B. im Angebots-Nutzungs-Modell; Helmke, 2015). Kompetenz kann hierbei in Anlehnung an Blömeke und andere (2015) als ein komplexes Gefüge aus Dispositionen, Denkprozessen und Kontextfaktoren verstanden werden. Eine bedeutsame Disposition in diesem Gefüge und damit auch eine wichtige Facette professioneller Kompetenz stellen, neben dem in aktuellen fachdidaktischen Forschungsarbeiten häufig fokussierten Professionswissen (z. B. Kirschner, 2013), die Überzeugungen von Lehrkräften dar (Baumert & Kunter, 2006). Überzeugungen können als „grundlegende Annahmen im Sinne von persönlichen Wahrheiten hinsichtlich des eigenen Selbst und der Welt“ (Bruggmann-Minnig, 2011, S. 21; s. a. Richardson, 1996) verstanden werden, die (in Abgrenzung zu Wissen) weder intraindividuell widerspruchsfrei noch interindividuell konsensfähig sein müssen (z. B. Baumert & Kunter, 2006; Richardson, 1996).

Die Überzeugungen von Lehrkräften scheinen u. a. von dem Kontext abhängig zu sein, in dem sie erfragt bzw. aktiviert werden (z. B. zsf. in Mansour, 2009; Merk et al., 2018). Befundlagen deuten darauf hin, dass ein bedeutsames Kontextmerkmal sein könnte, ob es um das Lernen von Fachinhalten (Kompetenzbereich Fachwissen, KMK, 2005) oder um das Lernen von Fachmethoden (z. B. Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung) geht (siehe Spalten in Tab. 1). So gibt es beispielsweise Hinweise darauf, dass Lehrkräfte z. T. davon auszugehen scheinen, dass Schülerinnen und Schüler (SuS) *fachmethodische* Kompetenzen beim naturwissenschaftlichen Arbeiten (z. B. in Schülerexperimenten) automatisch mit aufbauen (vgl. Abd-El-Khalick et al., 1998; s. a. Vorholzer & Petermann in diesem Band). Im Gegensatz dazu scheint es für den Aufbau *fachinhaltlicher* Kompetenzen vollkommen klar zu sein, dass die zugehörigen Kenntnisse (z. B. physikalische Definitionen, Gesetze, Theorien) explizit thematisiert und mit den SuS besprochen werden müssen (Vorholzer, 2017). Bisher ist jedoch kaum untersucht, inwiefern sich die Überzeugungen von Lehrkräften zum Lernen und Lehren von fachinhaltlichen Kompetenzen und von fachmethodischen Kompetenzen bzw. dazu, wie entsprechender Unterricht zu planen und durchzuführen ist, unterscheiden. Hier setzt das vorgestellte Forschungsprojekt an. Im Sinne der oben genannten Definition sollen dabei sowohl *sachbezogene* (z. B. was guten Physikunterricht zu Fachmethoden kennzeichnet) als auch *selbstbezogene* Überzeugungen (z. B. zur eigenen Fähigkeit, guten Physikunterricht zu Fachmethoden zu planen) in den Blick genommen werden (vgl. Kunter & Pohlmann, 2015; siehe Zeilen in Tab. 1). Anknüpfend daran lautet die erste Forschungsfrage (FF):

**FF1:** Welche sach- und selbstbezogenen Überzeugungen haben Physiklehrkräfte zum Lernen und Lehren von Fachinhalten und zum Lernen und Lehren von Fachmethoden?

Eine in der Überzeugungsforschung häufig getroffene Annahme, die auch dieser Studie zugrunde liegt, ist, dass die Überzeugungen von Lehrkräften ihre Handlungen beeinflussen, diese ermöglichen oder beschränken (z. B. Pajares, 1992; Richardson, 1996). Die empirische Befundlage zu dieser Annahme ist jedoch nicht eindeutig: Es gibt Studien, in denen sich ein Zusammenhang zwischen Überzeugungen und Handlungen zeigt (z. B. Fitzgerald et al., 2013), aber auch solche, in denen ein solcher Zusammenhang nicht beobachtbar ist (z. B.

Seidel et al., 2008). Somit stellt sich die Frage, ob und wenn ja, welche Überzeugungen zum Lernen und Lehren von Fachinhalten und Fachmethoden (FF1) mit den Handlungen (bzw. den dazu geäußerten Begründungen, siehe nächster Abschnitt) von Lehrkräften (z. B. bei der Planung und Analyse von Unterricht) korrespondieren:

- FF2:** Welche Handlungen zeigen Physiklehrkräfte bei der Planung und Analyse von Unterricht, wie begründen sie diese Handlungen und inwiefern unterscheiden sich Handlungen und Begründungen im Hinblick auf das Lernen und Lehren von Fachinhalten und Fachmethoden?
- FF3:** Inwiefern korrespondieren die erfassten Überzeugungen (FF1) mit den Handlungen und geäußerten Begründungen (FF2) von Physiklehrkräften und inwiefern zeigen sich diesbezüglich Unterschiede im Hinblick auf das Lernen und Lehren von Fachinhalten und Fachmethoden?

*Tabelle 1: Zuschnitt der in der Studie adressierten Überzeugungen zum Lernen und Lehren (inkl. Beispielitems aus dem Fragebogen)*

|                       | <b>Fachinhalte</b> |                                                                                                                                                | <b>Fachmethoden</b> |                                                                                                                                                          |
|-----------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sach-bezogen</b>   | <b>I</b>           | <i>Für guten Unterricht zu Fachinhalten der Physik ist es wichtig, dass an die Vorerfahrungen der SuS zu den Fachinhalten angeknüpft wird.</i> | <b>III</b>          | <i>Für guten Unterricht zu Fachmethoden der Physik ist es wichtig, dass an die Vorerfahrungen der SuS zum fachmethodischen Arbeiten angeknüpft wird.</i> |
|                       |                    |                                                                                                                                                |                     |                                                                                                                                                          |
| <b>Selbst-bezogen</b> | <b>II</b>          | <i>Ich traue mir zu, zentrale physikalische Begriffe, Gesetze und Theorien für SuS verständlich aufzubereiten.</i>                             | <b>IV</b>           | <i>Ich traue mir zu, Strategien des fachmethodischen Arbeitens für SuS verständlich aufzubereiten.</i>                                                   |
|                       |                    |                                                                                                                                                |                     |                                                                                                                                                          |

#### **Geplantes methodisches Vorgehen**

Die Überzeugungen der Lehrkräfte zum Lernen und Lehren von Fachinhalten und Fachmethoden (FF1) sollen einerseits mittels eines Online-Fragebogens und andererseits mittels eines leitfadengestützten Interviews erhoben werden. Im Fragebogen sollen primär Likert-Skalen zur Erfassung der sach- und selbstbezogenen Überzeugungen genutzt werden, da es sich hierbei um ein testökonomisches und in der Überzeugungsforschung etabliertes Format handelt (Schraw & Olafson, 2015). Hierbei soll u. a. erfasst werden, welche Überzeugungen Lehrkräfte zur Bedeutung von Schüleraktivität (Beispielitem: „Für guten Unterricht zu Fachinhalten/-methoden der Physik ist es wichtig, dass die SuS selbst Untersuchungen durchführen“), Schülerorientierung (siehe Beispielitems in I und III in Tab. 1) oder expliziter Thematisierung von Kenntnissen (Beispielitem: „Für guten Unterricht zu ... ist es wichtig, dass fachinhaltliche/-methodische Kenntnisse schriftlich festgehalten werden“) für den Aufbau von fachinhaltlichen bzw. fachmethodischen Kompetenzen haben. Darüber hinaus soll erfasst werden, wie Lehrkräfte ihre Fähigkeiten bzgl. des Unterrichtens von Fachinhalten bzw. Fachmethoden einschätzen (siehe Beispielitems in Zelle II und IV in Tab. 1). Bei der Entwicklung des Fragebogens wurde z. T. auf Items aus bestehenden Skalen zurückgegriffen (u. a. aus der Skala „konstruktivistisches Lernverständnis“ aus Seidel et al., 2003), die jedoch umformuliert und durch eine Reihe selbst entwickelter Items ergänzt wurden. Alle Items wurden für die Bereiche Fachinhalte (I-II, Tab. 1) und Fachmethoden (III-IV, Tab. 1) parallelisiert, um eine vergleichende Analyse der sach- und selbstbezogenen Überzeugungen zum Lernen und Lehren von Fachinhalten und Fachmethoden zu ermöglichen. Zudem sollen offene Fragen und Rangfolge-Aufgaben zum Einsatz kommen, um u. a. einen Einblick darin zu erhalten, welche Aspekte Lehrkräfte im Hinblick auf das Lernen und Lehren von Fachinhalten bzw. Fachmethoden von sich aus benennen/aufgreifen und wie sie

unterschiedliche Aspekte gegeneinander gewichten (z. B., ob und wenn ja, worin aus ihrer Sicht zentrale Unterschiede in der Gestaltung von Unterricht zu Fachinhalten und zu Fachmethoden bestehen). Um sowohl weitere potentiell relevante Überzeugungen zum Lehren und Lernen erfassen als auch die Ergebnisse bzgl. der im Fragebogen adressierten Überzeugungen validieren zu können, soll mit einer Teilstichprobe zusätzlich ein leitfadengestütztes Interview durchgeführt werden. Dieses soll mittels induktiv und deduktiv entwickelten Kategorien ausgewertet werden (bspw. in Anlehnung an die zusammenfassende und die strukturierende qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring, 2015).

Um zu untersuchen, inwiefern die erfassten Überzeugungen mit den Handlungen und Begründungen von Lehrkräften korrespondieren (FF2 und FF3), soll mit der gleichen Teilstichprobe ein zweites, vignettenbasiertes leitfadengestütztes Interview eingesetzt werden. In den Vignetten sollen verschiedene Unterrichtssituationen, in deren Zentrum entweder der Aufbau fachinhaltlicher oder der Aufbau fachmethodischer Kompetenzen steht, beschrieben werden. Die Vignetten ermöglichen einerseits die systematische Kontrolle von Kontextfaktoren der Situationen (z. B. Leistungsniveau der Klasse, Klassengröße; für eine Übersicht bzgl. verschiedener Kontextfaktoren s. Buehl & Beck, 2015) sowie andererseits die systematische Variation von den im Hinblick auf die erfassten Überzeugungen (FF1) relevanten Merkmalen der Unterrichtssituation (z. B. Schüleraktivität, Schülerorientierung, explizite Thematisierung). Im Zuge des Interviews sollen die Lehrkräfte die in den Vignetten beschriebenen Unterrichtssituationen *analysieren* und anschließend *planen*, wie sie im weiteren Verlauf des Unterrichts vorgehen würden. Zusätzlich zur Erfassung des genutzten Handlungsrepertoires („Wie schätzen Sie den Unterricht ein / Wie würden Sie in dieser Situation handeln?“) sollen die Lehrkräfte im Interview auch nach den Gründen für ihre Einschätzungen und Handlungen gefragt werden („Warum würden Sie diese Situation so einschätzen / in dieser Situation so handeln?“). Um den Zusammenhang zwischen den Überzeugungen und den Handlungen von Lehrkräften zu untersuchen (FF3), soll u. a. analysiert werden, inwiefern die erhobenen Überzeugungen (a) in den post-hoc zur Planung und Analyse generierten Begründungen vorkommen (d. h. von den Lehrkräften aktiviert werden, vgl. Hutner & Markman, 2016) und (b) inhaltlich mit den beschriebenen/gezeigten Planungs- und Analysehandlungen konsistent sind. Darüber hinaus soll untersucht werden, welche anderen Begründungselemente von den Lehrkräften in den Vignetten genutzt werden, um so Rückschlüsse darauf zu ziehen, welche weiteren Dispositionen (z. B. Professionswissen, Bereitschaften) die Handlungen der Lehrkräfte beeinflussen könnten und welchen Anteil die identifizierten Überzeugungen in den Begründungselementen einnehmen.

### **Aktueller Stand und Ausblick**

Die Entwicklung des Fragebogens ist abgeschlossen und im Wintersemester 2018/19 wird eine erste Pilotierung mit (Physik-)Lehramtsstudierenden durchgeführt. Die Ergebnisse der Pilotierung sollen zur Validierung (und ggf. Überarbeitung) des Fragebogens genutzt werden, liefern gleichzeitig aber auch wichtige Hinweise auf die Überzeugungen von Studierenden, welche so später mit den Überzeugungen von Lehrkräften kontrastiert werden können. Zudem soll in begleitenden qualitativen Studien eine kognitive Validierung der Items mittels der Methode des lauten Denkens (siehe z. B. Sandmann, 2014) erfolgen. Die Ergebnisse aus der für 2019 geplanten Haupterhebung mit Physiklehrkräften sollen Aufschluss darüber geben, inwiefern sich das genutzte Handlungsrepertoire dieser Lehrkräfte beim Planen und Analysieren von Unterricht zu Fachinhalten und Fachmethoden unterscheidet und inwiefern dies möglicherweise durch ihre Überzeugungen zu erklären ist. Perspektivisch können die Instrumente auch bei Lehrkräften anderer naturwissenschaftlicher Fächer (z. B. Biologie, Chemie) eingesetzt werden, um zu untersuchen, inwiefern die Überzeugungen zum Lehren und Lernen von Fachinhalten und Fachmethoden fachspezifisch sind.

## Literatur

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417–436.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3–13.
- Bruggmann-Minnig, M. (2011). *Innere Differenzierung im Physikunterricht: Eine multimethodische Analyse von Lehr-Lern-Überzeugungen und unterrichtlichem Handeln*. Basel: Universität Basel.
- Buehl, M. M. & Beck, J. S. (2015). The relationship between teachers' beliefs and teachers' practices. In H. Fives & M. G. Gill (Hrsg.), *Educational psychology handbook series. International handbook of research on teachers' beliefs* (S. 66–84). New York: Routledge.
- Fitzgerald, A., Dawson, V. & Hackling, M. (2013). Examining the beliefs and practices of four effective Australian primary science teachers. *Research in Science Education*, 43, 981–1003.
- Helmke, A. (2015). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (6. Auflage). *Unterricht verbessern - Schule entwickeln*. Seelze-Velber: Klett; Kallmeyer.
- Hutner, T. L. & Markman, A. B. (2016). Proposing an operational definition of science teacher beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, 27, 675–691.
- Kirschner, S. (2013). *Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München: Luchterhand.
- Kunter, M. & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (2. Auflage, S. 261–281). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Mansour, N. (2009). Science teachers' beliefs and practices: Issues, implications and research agenda. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(1), 25–48.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (12. überarbeitete Auflage). Weinheim, Basel: Beltz.
- Merk, S., Rosman, T., Muis, K. R., Kelava, A. & Bohl, T. (2018). Topic specific epistemic beliefs: Extending the theory of integrated domains in personal epistemology. *Learning and Instruction*, 56, 84–97.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307–332.
- Richardson, V. (1996). The role of attitudes and beliefs in learning to teach. In J. Sikula, T. J. Buttery & E. Guyton (Hrsg.), *Handbook of research on teacher education* (2. Auflage, S. 102–119). New York: Macmillan.
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken - die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 179–188). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schraw, G. & Olafson, L. (2015). Assessing teachers' beliefs: Challenges and solutions. In H. Fives & M. G. Gill (Hrsg.), *Educational psychology handbook series. International handbook of research on teachers' beliefs* (S. 87–105). New York: Routledge.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R. & Lehrke, M. (2003). *Technischer Bericht zur Videostudie "Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht"*. Kiel: IPN.
- Seidel, T., Schwindt, K., Rimmele, R. & Prenzel, M. (2008). Konstruktivistische Überzeugungen von Lehrpersonen: Was bedeuten sie für den Unterricht? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 9*, 243–258.
- Vorholzer, A. & Petermann, V. (im Druck). (Wie) wird Erkenntnisgewinnung im Unterricht thematisiert? In C. Maurer (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*. Regensburg: Universität Regensburg.
- Vorholzer, A. (2017). Sprechen Sie über die Regeln! Zur Relevanz der expliziten Thematisierung von Regeln zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 28(158), 34–39.

Nadine Boele<sup>1</sup>  
Oliver Tepner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Regensburg

## **Auswahl geeigneter Videovignetten zur Erfassung professioneller Unterrichtswahrnehmung**

### **Zusammenfassung**

Um Lernende in ihrem Lernprozess zu unterstützen, ist es wichtig, dass eine Lehrkraft Lernschwierigkeiten oder Situationen, welche zu solchen führen können, erkennt, diese theoriebasiert interpretiert und anschließend lernunterstützend handelt (Duit, 1995; Meschede, Steffensky, Wolters & Möller, 2015). Während entsprechende Lehrerkompetenzen zur professionellen Unterrichtswahrnehmung (pU) in der Mathematik (van Es & Sherin, 2002), im Sachunterricht der Grundschule (Holodynski et al., 2017), in der Physik (Wöhlke & Höttecke, 2017) und bezüglich pädagogisch-psychologischer Unterrichtsmerkmale (Seidel, Blomberg & Stürmer, 2010) bereits Gegenstand der Forschung sind, liegen derzeit keine Ergebnisse für die Chemie vor. Im Rahmen des Projekts wird ein videobasiertes Messinstrument entwickelt, um die Kompetenzen von (angehenden) Chemielehrkräften im Bereich der pU zu erfassen. In den Videovignetten werden Unterrichtssituationen dargestellt, in denen Lernschwierigkeiten und mögliche Unterstützungsversuche zu den Themen "Atombau" und "Chemische Reaktion" identifiziert und interpretiert werden sollen. Mit Hilfe von fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Tests sollen Zusammenhänge von Wissen und pU untersucht werden.

### **Theoretischer Hintergrund**

Eine zentrale Aufgabe von Lehrerinnen und Lehrern ist es, die Schülerinnen und Schüler dazu anzuregen, sich aktiv mit neuem und bereits vorhandenem Wissen auseinanderzusetzen und sie in ihrem Lernprozess zu unterstützen (Kunter & Voss, 2011). Um wissenschaftliche Vorstellungen bei den Schülerinnen und Schülern zu generieren und ihnen dafür geeignete Unterstützungsmaßnahmen anzubieten, ist es daher besonders im naturwissenschaftlichen Unterricht wichtig, dass die Lehrpersonen die Denkweisen, Strategien und Leistungen, sowie die bereits vorhandenen Vorstellungen der Lernenden kennen (Meschede et al., 2015). Diese können dann im Unterricht differenziert, integriert und umstrukturiert werden (Schneider, Vamvakoussi & van Dooren, 2012). Das Erkennen solcher Vorstellungen stellt jedoch eine große Herausforderung dar, da Lehrerinnen und Lehrer im Unterricht zeitgleich mit vielen verschiedenen und komplexen Situationen konfrontiert werden (Bromme, 1997; Sherin, Jacobs & Philipp, 2011). Sie müssen demnach ihre Aufmerksamkeit auf lernrelevante Unterrichtssituationen lenken und gleichzeitig irrelevante Situationen ausblenden (selective attention) (van Es & Sherin, 2002). Basierend auf ihrem Professionswissen müssen die Lehrerinnen und Lehrer die wahrgenommenen Situationen verarbeiten und interpretieren, um entsprechende Entscheidungen über ihr Handeln zu treffen (knowledge based reasoning) (ebd.). Da das Professionswissen auch die Aufmerksamkeit lenkt, nehmen unterschiedliche Lehrpersonen in den gleichen Situationen unterschiedliche Aspekte wahr (Goodwin, 1994). Die professionelle Unterrichtswahrnehmung setzt sich demnach aus den beiden Prozessen selective attention und knowledge based reasoning zusammen.

Eine andere Konzeptualisierung der pU, welche sich in vielen anderen Arbeiten findet, ergänzt das Konzept von van Es und Sherin um die Entscheidungen über Handlungsmöglichkeiten (decision making) (Jacobs, Lamb & Philipp, 2010; Jacobs, Lamb, Philipp & Schappelle, 2011; Kaiser, Busse, Hoth, König & Blömeke, 2015; Sherin et al., 2011). Diese Erweiterung lässt sich auch im PID-Modell (perceiving particular events in an

instructional setting, interpreting the perceived activities in the classroom, decision making) nach Kaiser et al. (2015) einordnen.

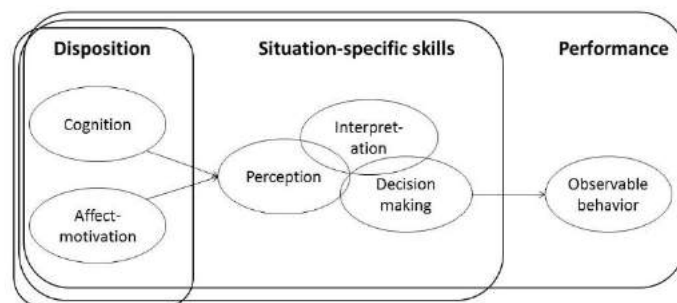


Abb. 1: PID-Modell (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015, S. 7)

Das Modell schließt die Lücke zwischen der latenten Disposition und der manifesten Performanz durch situationsspezifische Fähigkeiten (perception, interpretation, decision making). Da diese Aspekte in der erweiterten Konzeptualisierung genau den Facetten der pU entsprechen, können diese Fähigkeiten als Indikatoren für die Anwendung von Professionswissen aufgefasst werden.

### Zielsetzung

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines videobasierten Messinstruments zur Erfassung der Kompetenz von Chemielehrkräften im Bereich der professionellen Unterrichtswahrnehmung im Hinblick auf die Lernunterstützung.

Das Messinstrument wird aus Videovignetten zum Thema „Atombau“ und „Chemische Reaktion“ aufgebaut. Die einzelnen Vignetten zeigen reale Unterrichtssituationen, in denen lernunterstützende Maßnahmen notwendig sind, die zum Teil auch durch die Lehrperson zur Verfügung gestellt werden.

Um die drei Facetten der pU erfassen zu können, wird das Messinstrument aus drei verschiedenen Teilen zusammengesetzt:

- **Perception**  
Die Probanden können die Vignette jederzeit stoppen, wenn sie eine Situation bezüglich der Lernunterstützung wahrnehmen. Sie werden dann aufgefordert, ihre Beobachtungen zu notieren. Dadurch soll erfasst werden, was die Probanden wahrnehmen, ohne ihre Aufmerksamkeit durch gezielte Items zu lenken.
- **Interpretation**  
Sobald die Vignette zu Ende ist, erscheint ein Rating-Fragebogen mit einer vierstufigen Skala, welcher aus Fragen zu den jeweiligen Situationen aufgebaut ist. Diese Fragen zielen darauf ab, dass die Probanden die jeweiligen Situationen, basierend auf ihrem Professionswissen, interpretieren.
- **Decision Making**  
Zusätzlich werden kurze Ausschnitte mit prägnanten Schüleraussagen gezeigt, die zum Teil auf Fehlvorstellungen hinweisen. Die Probanden werden an dieser Stelle gefragt, wie sie hier reagieren würden.

Ergänzend werden themenspezifisches Fachwissen und fachdidaktisches Wissen zu „Atombau“ und „Chemische Reaktion“ erhoben, um Zusammenhänge von Wissen und der Fähigkeit, Unterricht professionell wahrnehmen zu können, zu untersuchen.



### **Methode zur Auswahl der Vignetten**

Um die Videovignetten für das Messinstrument auszuwählen, werden die Unterrichtsvideos zunächst in Anlehnung an das Ratinginstrument zur Verständnisorientierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht nach Ewerhardy (2010) kodiert. Dabei werden durch zwei unabhängige Kodierer zunächst Situationen identifiziert und im Video markiert, welche bezüglich der Lernunterstützung relevant sind. Hierfür wurde ein Markierungssystem entwickelt, um die Situationen als identisch markiert zu werten, wenn die Markierungen der beiden Kodierer um maximal zwei Sekunden abweichen. Daher sind die Markierungen anschließend anhand der Zeitmarke vergleichbar. Werden Situationen von beiden Kodierern identifiziert, wird dies als Hinweis für die Validität der Wahrnehmungen und eine entsprechend leichtere Wahrnehmbarkeit gewertet. Werden Situationen nur von einem der beiden Kodierer identifiziert, wird dies als Hinweis für eine schwierigere Wahrnehmbarkeit gewertet. Anhand dieser Hinweise sollen anschließend 2 – 4 Minuten-Clips ausgewählt werden, in denen sowohl Situationen vorhanden sind, die scheinbar leichter wahrzunehmen sind, als auch solche, die schwieriger wahrzunehmen sind. Um sicherzustellen, dass die wahrgenommenen Situationen bezüglich der Lernunterstützung relevant sind, werden diese vor der Auswahl der Vignetten bewertet.

Die ausgewählten Vignetten werden anschließend mit Hilfe von Experten und Novizen validiert. Hierbei werden die Situationen festgelegt, welche wahrgenommen werden sollen, und in welchem Zeitraum diese markiert werden dürfen. Dieser Schritt dient dazu, die Erfassung der Wahrnehmung (Perception) festzulegen.

Neben den Markierungen bezüglich lernrelevanter Situationen werden einzelne Intervalle der Unterrichtsvideos nach verschiedenen Variablen in einem Ratingformat kodiert. Diese Variablen werden den Skalen „Umgang mit Schülervorstellungen“, „Strukturierung“, „Kommunikation und Aushandlung von Bedeutungen“ und „Phänomen- und Problemorientierung“ zugeordnet und beziehen sich somit auf die zentralen Aspekte der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Unterricht (Kleickmann, 2012). Jedes Rating wird von den Kodierern ausführlich begründet. Anhand des Ratings und der jeweiligen Begründungen sollen nach der Auswahl und Pilotierung der Vignetten verschiedene Items für einen Rating-Fragebogen entwickelt werden, um damit verschiedene Einschätzungen abzufragen (Interpretation). Die richtige Antwort soll mit Hilfe eines Expertenratings festgelegt werden.

## Literatur

- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie*, 223, 3–13.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. *Psychologie des Unterrichts und der Schule*, 3, 177–212.
- Duit, R. (1995). Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie. *Plus Lucis*, 11–18.
- Ewerhardy, A. (2010). *Zusammenhänge zwischen Verständnisorientierung von naturwissenschaftsbezogenem Sachunterricht und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Lernenden der Grundschule*. Dissertation. Universitäts- und Landesbibliothek Münster, Münster.
- Goodwin, C. (1994). Professional Vision. *American Anthropologist*, 96, 606–633.
- Holodynski, M., Steffensky, M., Gold, B., Hellermann, C., Sunder, C., Fiebranz, A. et al. (2017). Lernrelevante Situationen im Unterricht beschreiben und interpretieren. In *Entwicklung von Professionalität pädagogischen Personals* (S. 283–302). Springer.
- Jacobs, V. R., Lamb, L. L.-C. & Philipp, R. A. (2010). Professional Noticing of Children's Mathematical Thinking. *Journal for Research in Mathematics Education*, 41, 169–202.
- Jacobs, V. R., Lamb, L. L.-C., Philipp, R. A. & Schappelle, B. P. (2011). Deciding how to respond on the basis of children's understandings. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Hrsg.), *Mathematics teacher noticing. Seeing through teachers' eyes* (Studies in mathematical thinking and learning, S. 97–116). New York: Routledge.
- Kaiser, G., Busse, A., Hoth, J., König, J. & Blömeke, S. (2015). About the complexities of video-based assessments: Theoretical and methodological approaches to overcoming shortcomings of research on teachers' competence. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 369–387.
- Kleickmann, T. (2012). *Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht*: IPN Leibniz-Institut für Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel.
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV. Eine multikriteriale Analyse. In *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften : Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster [u.a.]: Waxmann.
- Meschede, N., Steffensky, M., Wolters, M. & Möller, K. (2015). Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung. *Unterrichtswissenschaft*, 43, 317–335.
- Schneider, M., Vamvakoussi, X. & van Dooren, W. (2012). Conceptual change. *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, 735–738.
- Seidel, T., Blomberg, G. & Stürmer, K. (2010). „Observer“ – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56, 296–306.
- Sherin, M. G., Jacobs, V. R. & Philipp, R. A. (2011). Situating the study of teacher noticing. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Hrsg.), *Mathematics teacher noticing. Seeing through teachers' eyes* (Studies in mathematical thinking and learning, S. 3–13). New York: Routledge.
- Van Es, E. A. & Sherin, M. G. (2002). Learning to Notice: Scaffolding New Teachers' Interpretations of Classroom Interactions. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 10, 571–596.
- Wöhlke, C. & Höttecke, D. (2017). Erfassung von Noticing von Physiklehrkräften – Instrumentenentwicklung. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Bianca Paczulla<sup>1</sup>  
 Katrin Schüßler<sup>1</sup>  
 Elke Sumfleth<sup>1</sup>  
 Maik Walpuski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg Essen

## Studienerfolg und Studienabbruch in Chemiestudiengängen (CASSIS)

### Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

#### Studienabbruch in Chemiestudiengängen

Chemiestudiengänge sind durch anhaltend hohe Abbruchquoten geprägt, die für die Studienanfängerinnen und -anfänger 2012/2013 an Universitäten bei 45 % und an Fachhochschulen bei 34 % (Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften) liegen (Heublein & Schmelzer, 2018). Leistungsprobleme werden von 33 % der befragten Studienabbrecherinnen und -abbrecher an Universitäten und von 45 % an Fachhochschulen als Hauptgrund für den Studienabbruch im Jahr 2014 angegeben (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2018). Diese Leistungsprobleme resultieren häufig aus einer misslungenen Bewältigung der Studieneingangsphase (Heublein et al., 2017). In einem Teilprojekt der Forschergruppe *ALSTER* (Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Einführungsphase naturwissenschaftlich-technischer Studiengänge) konnte gezeigt werden, dass das fachliche Vorwissen, die Kurswahl in der gymnasialen Oberstufe, die Rechenfähigkeit und die Abiturnote den Klausurerfolg in der *Allgemeinen Chemie* direkt beeinflussen (Averbeck, Hasselbrink & Sumfleth, 2017b). Somit stellt für das Fach Chemie der erfolgreiche Abschluss des in fast allen Chemiestudiengängen vorhandenen Moduls *Allgemeine Chemie* eine wichtige Voraussetzung für Studienerfolg dar.

Bisher wenig erforscht ist, inwieweit diese Befunde von Universitäten auch für Fachhochschulen gültig sind. Studienanfängerinnen und -anfänger an Universitäten und an Fachhochschulen unterscheiden sich voneinander unter anderem bezüglich des Alters zu Studienbeginn, der Hochschulzulassungsberechtigung, dem Vorhandensein einer abgeschlossenen Berufsausbildung und der Bildungsherkunft (vgl. Abb. 1).

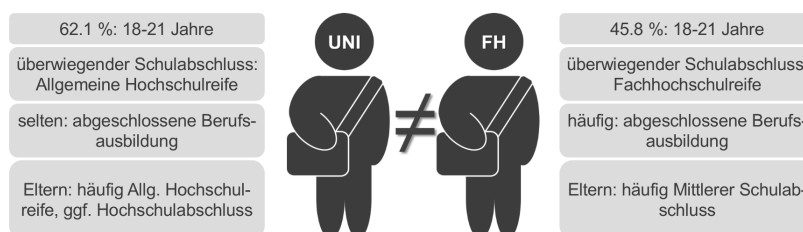


Abb. 1 Vergleich zwischen Universitäts- und Fachhochschulstudierenden in Anlehnung an Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2016) und Middendorff et al. (2017).

### Forschungsfragen

Das hier vorgestellte Teilprojekt Chemie des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts CASSIS (Chemie, Sozialwissenschaften und Ingenieurwissenschaften: Studienerfolg und Studienabbruch; FKZ: 01PX16019) zielt auf die Identifizierung fachspezifischer Gründe für Studienerfolg und Studienabbruch an Universitäten und Fachhochschulen unter Berücksichtigung soziodemografischer Unterschiede der Studierenden ab. Auf Grundlage des Studienabbruchmodells von Isleib (2015) werden ausgewählte Einflussfaktoren untersucht. Hierzu werden Testinstrumente benötigt, die an beiden Hochschultypen

zuverlässig messen und einen Vergleich zwischen Universitäts- und Fachhochschulstudierenden ermöglichen. In einem ersten Schritt wurden ein Testinstrument zur Erhebung demographischer Variablen (Fleischer, Averbek, Sumfleth, Leutner & Brand, 2017) und ein Testinstrument zur Erhebung des Fachwissens in *Allgemeiner Chemie* (Freyer, 2013; Averbek, in Vorbereitung) für den Einsatz an Fachhochschulen angepasst und evaluiert.

- FF1: Inwiefern kann ein für Universitätsstudierende entwickelter Demographiefragebogen (Fleischer, Averbek, Sumfleth, Leutner & Brand, 2017) demographische Unterschiede von Universitäts- und Fachhochschulstudierenden erfassen?
- FF2: Inwiefern funktioniert ein für Universitätsstudierende entwickelter Fachwissenstest zur *Allgemeinen Chemie* (Freyer, 2013; Averbek, in Vorbereitung) bei Fachhochschulstudierenden?

### **Instrumente und Auswertungsmethoden**

#### *Demographiefragebogen*

Durch den Demographiefragebogen werden abgesehen vom Alter, von der Muttersprache und von der Abiturnote der Studierenden sämtliche Variablen im geschlossenen Format erfragt. Neben der Hochschulzulassungsberechtigung und den Angaben zur Berufsausbildung werden die Studierenden gefragt, ob sie in der gymnasialen Oberstufe einen Grundkurs oder Leistungskurs in Chemie besucht haben. Außerdem werden die Schul- und Berufsbildung der Eltern erfragt, wodurch sich die Bildungsherkunft der Studierenden erheben lässt.

Die nominalen demographischen Variablen wurden mithilfe von  $\chi^2$ -Homogenitätstests ausgewertet. Es resultieren Aussagen über die Passung zwischen den empirischen Daten und dem Modell in Form von erwarteten Werten (standardisierte Residuen). Das Alter der Studierenden wurde mit einer ANOVA ausgewertet.

#### *Fachwissenstest zur Allgemeinen Chemie*

Der von Freyer (2013) konzipierte Fachwissenstest wurde von der Forschergruppe ALSTER adaptiert (Averbek, Fleischer, Sumfleth, Leutner & Brand, 2017a). Die adaptierte Version, die aus 35 Items im Multiple-Choice-Single-Select-Format besteht und Inhalte der Sekundarstufe I und II sowie des Hochschulcurriculums aufgreift, wurde in der vorliegenden Studie erstmalig an Fachhochschulen evaluiert. Diese Evaluation erfolgt auf Grundlage der Reliabilitäten und Item-Fit-Werte auf Modellpassung (IRT, Rasch-Modell). Weiterhin wurden Differential Item Functioning (DIF) und Option Probability Curves (OPC) untersucht.

### **Ergebnisse**

#### *Demographiefragebogen*

Die gesamte Stichprobe ( $N_{ges} = 420$ ,  $N_{Uni} = 274$ ,  $N_{FH} = 146$ ) setzt sich aus 39.1 % Studentinnen und 60.9 % Studenten zusammen, die durchschnittlich im Alter von 20.57 Jahren das Chemiestudium an zwei Universitäten ( $Uni_1$ ,  $Uni_2$ ) oder an zwei Fachhochschulen ( $FH_1$ ,  $FH_2$ ) beginnen ( $\chi^2(3) = 2.723$ ,  $p = .436$ ). An den Fachhochschulen sind die Studierenden signifikant älter als an den Universitäten (ANOVA, univariat, post-hoc LSD:  $F(3, 413) = .870$ ,  $p = .009$ ,  $\eta_p^2 = .027$ ,  $FH_2 > Uni_1$  ( $p = .025$ ) &  $Uni_2$  ( $p = .001$ ) und  $FH_1 > Uni_2$  ( $p = .048$ )). Mit Ausnahme einer Universität, an der lediglich 67.7 % der Studierenden Deutsch als Muttersprache angeben, haben an anderen Standorten mindestens 80 % der Studierenden Deutsch als Muttersprache. Während an den Universitäten *statistisch* unerwartet wenige Studierende mit einem Abitur vom Berufskolleg studieren, können an den Fachhochschulen *statistisch* unerwartet viele Studierende ein solches Abitur vorweisen ( $\chi^2(9) = 88.105$ ,  $p = .000$ , Cramer-V = .274;  $Uni_1$ : 8.2 %,  $Uni_2$ : 6.1 %,  $FH_1$ : 23.9 %,  $FH_2$ : 23.9 %).

FH<sub>2</sub>: 57.5 %). Diese aus *statistischer* Sicht (angenommene Gleichverteilung) unerwarteten Beobachtungen entsprechen jedoch den *theoretisch* zu erwartenden Befunden, da bisherige Studien ergeben haben, dass Fachhochschulstudierende ihre Hochschulzugangsberechtigung seltener als Universitätsstudierende über das Abitur am Gymnasium erlangen (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2018).

Das Abitur in der gymnasialen Oberstufe in Nordrhein-Westfalen wurde von 68.3 % der gesamten Stichprobe gemacht. Hiervon haben 47.7 % einen Grundkurs und 33.4 % einen Leistungskurs in der Oberstufe besucht. Studierende mit Fachhochschulreife können wegen eines anderen Kurssystems dieses Item nicht bearbeiten. Vor Beginn des Chemiestudiums haben 19.4 % der Studierenden eine Berufsausbildung abgeschlossen. Statistisch signifikant ist die Beobachtung, dass an den Universitäten (bei angenommener Gleichverteilung) unerwartet wenige Studierende mit Berufsausbildung studieren, während an den Fachhochschulen unerwartet viele Studierende eine abgeschlossene Berufsausbildung vorweisen können ( $\chi^2(3) = 43.287$ ,  $p = .000$ , Cramer-V = .322; Uni<sub>1</sub>: 9.3 %, Uni<sub>2</sub>: 11.6 %, FH<sub>1</sub>: 31.6 %, FH<sub>2</sub>: 45.7 %). Von den Studierenden mit Berufsausbildung geben 79.0 % an, dass ihre Ausbildung einen inhaltlichen Bezug zum Chemiestudium aufweist.

Somit kann der Demographiefragebogen Unterschiede zwischen Universitäts- und Fachhochschulstudierenden bezüglich des Alters, der Hochschulzugangsberechtigung, der abgeschlossenen Berufsausbildung und bezüglich der Bildungsherkunft gut aufzeigen. Es besteht Anpassungsbedarf bei den Items zur Vorbildung der Studierenden mit Fachhochschulreife inklusive fachbezogener Berufsausbildung.

#### *Fachwissenstest zur Allgemeinen Chemie*

Für die gesamte Stichprobe werden zufriedenstellende Schätzungen der Personenfähigkeiten und Itemschwierigkeiten erhalten (Personenreliabilität: .83, Personen Separation: 2.19, Itemreliabilität: .99, Item Separation: 8.87). Ebenso zufriedenstellend sind die jeweiligen Schätzungen für die Teilstichproben. Die MNSQ-Werte für den Infit und Outfit liegen für die gesamte Stichprobe und für die Teilstichproben in einem akzeptierten Wertebereich (0.7 bis 1.3), sodass einerseits das Rasch-Modell berechtigt angenommen werden darf und andererseits jedes Item die Personen anhand ihrer Fähigkeiten diskriminieren kann. Universitäts- und Fachhochschulstudierende unterscheiden sich nicht signifikant in ihrer mittleren Personenfähigkeit ( $t(418) = 0.493$ ,  $p = 0.551$ ). Der Test hat eine angemessene Schwierigkeit für die beiden Studierendengruppen. Die Studierenden unterscheiden sich voneinander bezüglich ihres fachspezifischen Vorwissens, wodurch viele Items mit DIF erwartet werden können. In dieser Studie ist DIF in 18 von 35 Items in verschiedenen Kombinationen feststellbar. Es besteht ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Items, die die Universitätsstudierenden besser lösen, und Items, die die Fachhochschulstudierenden besser lösen. Zu Beginn des Studiums unterscheiden sich Universitäts- und Fachhochschulstudierende nicht in ihrer mittleren Personenfähigkeit, allerdings unterscheiden sich ihre Personenfähigkeiten in einzelnen Themen.

#### **Ausblick**

In der Hauptstudie wird der individuelle Studienprozess (Isleib, 2015) von Studienanfängerinnen und -anfängern, die sich im Wintersemester 2018/2019 in einen Chemiestudiengang an einer von zwei Universitäten oder an einer von zwei Fachhochschulen eingeschrieben haben, drei Semester lang untersucht. Es soll unter anderem erforscht werden, inwiefern sich die Bedeutsamkeit der im Studienabbruchmodell formulierten Faktoren zwischen den Hochschultypen unterscheiden und inwiefern diese Faktoren miteinander interagieren.

## Literatur

- Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2016). Bildung in Deutschland 2016: Ein indikatorgestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung und Migration. Bielefeld: Bertelsmann.
- Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2018). Bildung in Deutschland 2018. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Wirkungen und Erträgen von Bildung. Bielefeld: wbv Publikation.
- Averbeck, D., Fleischer, J., Sumfleth, E., Leutner, D., & Brand, M. (2017a). Analyse chemischen Fachwissens und dessen Einfluss auf Studienerfolg. In C. Maurer (Ed.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016 (Vol. 37, pp. 83–86). Universität Regensburg.
- Averbeck, D., Hasselbrink, E., & Sumfleth, E. (2017b). Einfluss der "Allgemeinen Chemie" auf den Studienerfolg im ersten Semester. In C. Maurer (Ed.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017 (491-494). Universität Regensburg
- Fleischer, J., Averbeck, D., Sumfleth, E., Leutner, D. & Brand, M. (2017). Entwicklung und Vorhersage von Studienzufriedenheit in MINT-Fächern. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 59–62). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.
- Freyer, K. (2013). Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie. Zugl.: Universität Duisburg-Essen, Diss. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 156. Berlin: Logos Berlin.
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). Motive und Ursachen des Studienabbruchs an baden-württembergischen Hochschulen und beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher: DZHW Projektbericht. Hannover: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH.
- Heublein, U. & Schmelzer, R. (2018). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Berechnungen auf Basis des Absolventenjahrgangs 2016. DZHW-Projektbericht Juli 2018. Hannover: DZHW.
- Isleib, S. (2015). Neue Theorieströmungen zum Studienabbruch: Herkunft, Genese und Potenziale für die Studienabbruch- und Hochschulforschung. Online abrufbar: [http://www.dzhw.eu/pdf/pub\\_vt/21/2015-04-10\\_gfhf\\_studienabbruch\\_isleib.pdf](http://www.dzhw.eu/pdf/pub_vt/21/2015-04-10_gfhf_studienabbruch_isleib.pdf) [04.10.2018].
- Middendorff, E., Apolinarski, B., Becker, K., Bornkessel, P., Brandt, T., Heißenberg, S., & Poskowsky, J. (2017). Die wirtschaftliche und soziale Lage der Studierenden in Deutschland 2016: 21. Sozialerhebung des Deutschen Studentenwerks durchgeführt vom Deutschen Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

## Professionelle Kompetenzen von Quereinsteiger\*innen im Q-Master

### Ausgangslage

Das Thema Quereinstieg in das Lehramt ist aktueller denn je. Seit einigen Jahren gibt es einen hohen Einstellungsbedarf an Lehrer\*innen in allen Bundesländern und allen Schulformen, der nicht durch ausgebildete Lehrkräfte gedeckt werden kann (vgl. Lamprecht, 2011; KMK, 2011). Um diesen Mangel auszugleichen, besteht derzeit in nahezu allen Bundesländern die Möglichkeit sogenannter Quer- und Seiteneinstiege (Korneck, Lamprecht, Wodzinski & Schecker, 2010).

Im Jahr 2013 waren zum Beispiel im Land Berlin für alle Schulformen und Fächer 10% der Neueinstellungen Quereinsteiger\*innen. Im Jahr 2017 ist dieser Anteil auf 42% gestiegen (GEW, 2017). Für das Unterrichtsfach Physik ist die hohe Anzahl von Quereinsteiger\*innen im Lehrberuf ein lang bekanntes Phänomen. Seit Mitte der 1970er Jahre ist es in Deutschland gängige Praxis beispielsweise Diplom-Physiker\*innen direkt in den Schuldienst einzustellen.

Eine bundesweite Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) hat gezeigt, dass durch Quer- und Seiteneinstiege in den Jahren von 2002 bis 2008 etwa 3000 Physiklehrkräfte ohne Lehramtsstudium eingestellt wurden. Diese Lehrkräfte machten einen Anteil von 45% aller in Deutschland eingestellten Physikreferendar\*innen in dieser Zeitspanne aus (Korneck, Lamprecht, Wodzinski & Schecker, 2010).

Von einer Veränderung der Situation ist nicht auszugehen. Die Kultusministerkonferenz prognostiziert einen weiterhin hohen Bedarf an Physiklehrkräften. Diesem steht eine geringe Anzahl an Lehramtsstudierenden bzw. -absolvent\*innen mit dem Fach Physik gegenüber, sodass die Besetzung der offenen Stellen mit ausgebildeten Lehrkräften weiter schwierig bleiben wird (vgl. ebd.; Heise, Sinzinger, Struck & Wodzinski, 2014; KMK, 2015a).

### Forschungsstand

Trotz des hohen und langjährigen Anteils von Quereinsteiger\*innen beschränkt sich die Forschung bislang auf einige wenige Studien aus Deutschland und der Schweiz (vgl. Diehl, 2004; Engelage, 2013; Melzer et al., 2014; Postl, Matthäus & Schneider, 2005; Trachsler, Nido & Medici, 2014; Weinmann-Lutz, 2006). Als aktuelle Studien zum Quereinstieg sind u. a. die Dissertationen von Jan Lamprecht (2011) und Lars Oettinghaus (2016) von der Goethe-Universität in Frankfurt am Main zu nennen.

Die Quer- und Seiteneinstiegsprogramme vieler Bundesländer werden oft durch die Annahme legitimiert, dass Quereinsteiger\*innen über ein hohes Maß an Berufs- und Lebenserfahrung verfügen und somit den Mangel im pädagogischen und didaktischen Bereich kompensieren können (vgl. Melzer, Pospiech & Gehrman, 2014). Zudem wird davon ausgegangen, dass sie „idealistischer wie auch realistischer bei ihrer Berufsentscheidung sind“ (Weinmann-Lutz, 2006, S. 13).

Die Ergebnisse der Studie von Lamprecht (2011) stehen dem entgegen. Hier zeigte sich, dass 45% der Quereinsteiger\*innen im Fach Physik bei der Berufswahl hauptsächlich strukturell motiviert (z. B. gute Bezahlung, sichere Berufsaussichten, Vereinbarkeit Familie und Beruf) waren und 40% „rezeptartiges Lernen“ bevorzugen (vgl. Lamprecht, 2011). Oettinghaus (2016) stellte mit seiner Studie ergänzend fest, dass ein lehramtsorientiertes Studium kognitiv orientierte Überzeugungsaspekte fördert, und Lehramtsstudierende also nicht in solch einem hohen Maß rezeptartiges Lernen befürworten (Oettinghaus, 2016).

Eine dritte und aktuelle Studie stammt von der Technischen Universität Dresden aus dem Jahr 2014. Die TU Dresden hatte zuvor ein einmaliges Qualifizierungsprogramm („QUER“) für Quereinsteiger\*innen im Lehramt durchgeführt. Im Bereich der Berufswahlmotive, welche auch Lamprecht (2011) und Oettinghaus (2016) untersuchten, konnte für die Teilnehmer\*innen eine hohe intrinsische Motivation (z. B. der Wunsch mit Kindern und Jugendlichen zu arbeiten) für die Berufswahl festgestellt werden. Im Vergleich zu den regulären Lehramtsstudierenden der TU Dresden hatten die Quereinsteiger\*innen günstigere kognitive und motivationale Lernvoraussetzungen. Zusätzlich hatten die QUER-Teilnehmer\*innen am Studienende einen Wissensvorsprung im Vergleich zu den regulären Lehramtsstudierenden im Pädagogischen Unterrichtswissen (Melzer, Pospiech & Gehrman, 2014). Die Befunde der TU Dresden weisen darauf hin, dass Qualifizierungsmaßnahmen für Quereinsteiger\*innen „ein vielversprechender Weg zur Rekrutierung und Ausbildung von Lehrkräften in Mangelfächern und Mangellehrkräften [sind]“ (ebd., S. 158).

### Projektvorstellung

Um dem Problem des Lehrer\*innenmangels in Physik (sowie weiteren Mangelfächern) und fehlender Expertise von Quereinsteigenden zu begegnen, hat die Freien Universität Berlin das Projekt „Q-Master: Qualifizierung von Quereinsteiger\*innen im Master of Education“ initiiert (vgl. Milster & Nordmeier, 2017). Es ist Teil des Gesamtprojektes „K2teach – Know how to teach“<sup>1</sup> der Qualitätsoffensive Lehrerbildung. Der Q-Master ist ein Qualifizierungsangebot für Quereinsteigsinteressierte vor dem Antritt des Referendariats. Das Projekt verfolgt das Ziel, die Quereinsteiger\*innen innerhalb eines viersemestrigen Master of Education KMK-konform (vgl. KMK, 2014 und 2015b) für den anschließenden Vorbereitungsdienst zu qualifizieren.

### Theoretischer Hintergrund

Im Rahmen der Begleitforschung wird untersucht, ob das Ziel des Q-Masters zu realisieren ist. In der Physikdidaktik hat sich in den letzten Jahren das Modell der Professionellen Kompetenzen nach Baumert und Kunter (2006) etabliert. Lars Oettinghaus hat in seiner 2016 erschienen Dissertation einen Großteil der bis dahin veröffentlichten Studien zu professionellen Kompetenzen und Unterrichtsqualität im MINT-Bereich dargestellt. Hierbei zeigte sich, dass *Überzeugungen* und *Fachdidaktisches Wissen* einen positiven Einfluss auf die Schüler\*innenleistung, konstruktive Unterstützung und kognitive Aktivierung der Schüler\*innen durch die Lehrkraft haben (vgl. Oettinghaus, 2016). Er selbst konnte in seiner Studie feststellen, dass *Fachwissen* und *Fachdidaktisches Wissen* miteinander korrelieren (ebd.). Daher wird bei den Q-Master-Studierenden mit dem Fach Physik das Fachwissen, das Fachdidaktische Wissen und die Überzeugungen genauer untersucht.

### Forschungsfrage und Vorgehen

Aus vorangegangenen Vorüberlegungen ergaben sich drei zentrale Forschungsfragen:

- Welche Kompetenzentwicklungen und -stände im Bereich der Fachdidaktik Physik können bei regulären Lehramtsstudierenden und Q-Master-Studierenden beobachtet werden?
- Welche Kompetenzstände im Bereich der Fachwissenschaft Physik können bei regulären Lehramtsstudierenden und Q-Master-Studierenden beobachtet werden?
- Wie verändern sich die Überzeugungen zum Lehren und Lernen im Fach Physik bei den regulären Lehramtsstudierenden und den Q-Master-Studierenden?

<sup>1</sup> Das Projekt **K2teach** (<http://www.fu-berlin.de/k2teach>) wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.



Der Modellstudiengang Q-Master startete erstmalig im Wintersemester 2016/17. Inzwischen wurde die dritte Kohorte immatrikuliert. Die Stichprobe verteilt sich daher auf insgesamt drei Kohorten. In der ersten Kohorte (Beginn WiSe 2016/17) waren 44 Personen im Master of Education mit Erst- oder Zweitfach Physik eingeschrieben – davon sechs Personen im Q-Master. In der zweiten Kohorte (WiSe 2017/18) waren es 26 Studierende mit dem Fach Physik und davon sieben Personen im Q-Master immatrikuliert. Im WiSe 2018/19 werden 31 Studierende, davon sieben im Q-Master, erwartet.

Bei den Erhebungen werden im Sinne der Triangulation quantitative und qualitative Methoden eingesetzt. *Fachdidaktisches Wissen* nach Riese (2009) und *Überzeugungen* nach Lamprecht (2010) werden zu Beginn des zweiten Semesters und am Ende des Studiums mit Hilfe eines Fragebogens erhoben. Durch die zwei Erhebungszeitpunkte soll erfasst werden, ob sich in diesen beiden Facetten im Laufe des Studiums eine Veränderung feststellen lässt. Zusätzlich werden auch Einzelinterviews zu den *Überzeugungen* zum Lernen und Lehren im Fach Physik geführt. Diese werden ebenfalls am Anfang des zweiten Semesters und am Ende des Studiums stattfinden und sollen die quantitativ erhobenen Daten ergänzen. Am Ende des Studiums wird mit Hilfe eines Fragebogens das *Fachwissen* nach Korneck et al. (2017) in Physik getestet. Da im Lehramtsmaster an der Freien Universität Berlin der Fokus stärker auf dem pädagogisch/didaktischem Bereich liegt, wurde auf eine zusätzliche Erhebung zum *Fachwissen* am Anfang des Masters verzichtet. Somit soll nur der ‚Endstand‘ aller Studierenden erfasst werden. Außerdem wird eine Modulnotenerfassung der Studierenden am Ende des Studiums als weiteres Vergleichsmaß angestrebt.

Zusätzlich findet eine Evaluation des Q-Masters mit den Q-Master-Studierenden aller Fächer (N=61) statt. In einer Eingangsbefragung zu Beginn der Wintersemester 2016/17 und 2017/18 wurden folgende Konstrukte erhoben: *pädagogische Vorerfahrungen*, *Berufswahlmotive* nach Watt et al. (2012) sowie *soziodemografische* Daten. Aus dieser Befragung gibt es erste Ergebnisse, die im Folgenden vorgestellt werden.

### Erste Ergebnisse

Die ersten Ergebnisse beziehen sich auf die Eingangsbefragung der Q-Masterstudierenden (N=61), die in den Wintersemestern 2016/17 und 2017/18 das Studium begonnen haben. Bisher liegen nur die Angaben zu den soziodemografischen Daten und den pädagogischen Vorerfahrungen vor:

Das Durchschnittsalter der Q-Master-Studierenden beträgt 35 Jahre. 75% der Befragten geben an, neben dem Studium zu arbeiten. Die durchschnittliche Arbeitszeit beträgt dabei 15h pro Woche. Die meisten Q-Master-Studierenden haben keinen Anspruch auf staatliche finanzielle Unterstützungen wie dem BAföG. Sie müssen daher neben dem Studium arbeiten gehen, um ihr Studium zu finanzieren. Das stellt eine zusätzliche Belastung dar, die sich eventuell negativ auf den angestrebten Studienabschluss auswirken kann. Zudem haben ca. 40% der Befragten ein oder mehrere Kinder im Haushalt, welches ebenfalls eine Herausforderung zum Absolvieren eines Studiums darstellt.

Etwa 82% der Q-Master-Studierenden verfügen über pädagogische Vorerfahrungen. Als häufigste Tätigkeiten wurden hierbei Nachhilfe einzelner Personen (49%), Hochschullehre (28%) und die Organisation und Betreuung von Freizeitaktivitäten (25%) genannt. Es waren Mehrfachnennungen möglich. Dabei haben 72% mehrjährige (mindestens 2 Jahre) pädagogische Vorerfahrungen.

In einer offenen Frage wurden die Studierenden außerdem gefragt, was sie sich vom Q-Master erhoffen. Der Wunsch nach Praxis fiel hier sehr gering aus, dafür wurde häufig der Erwerb von fachdidaktischem, fachlichem oder pädagogischem Wissen genannt. (Darin könnte sich der hohe Anteil der Studierenden mit Erfahrungen in pädagogischen Tätigkeitsfeldern widerspiegeln.)

## Literatur

- Baumert, J.; Kunter, M. (2006): Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Heft 4/2006, S. 469-520
- Diehl, T. (2004): Quereinsteiger als Lehrende an beruflichen Schulen. In: Beek, H. (Hrsg.), Personalentwicklung im Berufseinstieg. Frankfurt/Main, S. 183–198
- Engelage, S. (2013): Die Bedeutung von Lebens- und Berufserfahrung für den Lehrberuf – Quereinsteigende und Regelstudierende im Vergleich. In: Lehrerbildung auf dem Prüfstand, Heft 6 (1), S. 50-69
- GEW Berlin (2017): Stellungnahme der GEW Berlin über Quereinsteigerinnen und Quereinsteiger in pädagogischen Berufe in Schule und Kita – Erfahrungen und Schlussfolgerungen für die weitere Gestaltung der Rahmenbedingungen, URL: <https://www.parlament-berlin.de/ados/18/BildJugFam/vorgang/bjf18-0098-v-st-GEW%20Berlin.pdf> (Stand 5/2018)
- Heise, H.; Sinzinger, M.; Struck, Y.; Wodzinski, R. (2014): DPG-Studie zur Unterrichtsversorgung im Fach Physik und zum Wahlverhalten der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf das Fach Physik. Deutsche Physikalische Gesellschaft
- Korneck, F.; Lamprecht, J.; Wodzinski, R.; Schecker, H. (2010): Quereinsteiger in das Lehramt Physik - Lage und Perspektiven der Physiklehrerausbildung in Deutschland. Deutsche Physikalische Gesellschaft
- Korneck, F.; Krüger, M.; Szogs, M. (2017): Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In: Fischler, H. und Sumfleth, E. (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik. Logos Verlag (Studien zum Physik- und Chemielernen Band 200), Berlin
- Lamprecht, J. (2011): Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasium im Fach Physik. Logos Verlag (Studien zum Physik- und Chemielernen Band 125), Berlin
- Melzer, W.; Pospiech, G.; Gehrmann, A. (2014): Abschlussbericht Quer – Qualifikationsprogramm für Akademiker zum Einstieg in den Lehrberuf, URL: [https://tu-dresden.de/zlsb/ressourcen/dateien/weiterbildung/Expertise\\_QUER.pdf?lang=de](https://tu-dresden.de/zlsb/ressourcen/dateien/weiterbildung/Expertise_QUER.pdf?lang=de) (Stand: 5/2018)
- Milster, J.-J.; Nordmeier, V. (2017): Qualifizierung von Quereinsteiger\*innen – Professionelle Kompetenzen der Q-Master-Studierenden. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, S. 79-83
- Oettinghaus, L. (2016): Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat. Logos Verlag (Studien zum Physik- und Chemielernen Band 207), Berlin
- Postl, D.; Matthäus, S.; Schneider, M. (2005): Direkteinsteiger als Lehrer an beruflichen Schulen – Notmaßnahme oder Qualifizierungschance? In: Lernen & Lehren, H. 79, 20. Jg., S. 108–117
- Riese, J. (2009): Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Logos Verlag (Studien zum Physik- und Chemielernen Band 97), Berlin
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2011): Lehrereinstellungsbedarf und Lehrereinstellungsangebot in der Bundesrepublik Deutschland Modellrechnung 2010-2020
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2014): Standards für die Lehrerbildung – Bildungswissenschaften
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2015a): Lehrereinstellungsbedarf und -angebot in der Bundesrepublik Deutschland 2014-2025 - Zusammenfassende Modellrechnung
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2015b): Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung
- Trachsler, E.; Nido, M.; Medici, E. M. (2014): Evaluation der Ausbildung der Quereinsteiger-innen und Quereinsteiger an der Pädagogischen Hochschule Zürich - Band 1: Schlussbericht, URL: [https://bi.zh.ch/internet/bildungsdirektion/de/themen/zahlen-fakten/veroeffentlichungen/\\_jcr\\_content/contentPar/publication\\_14/publicationitems/titel\\_wird\\_aus\\_dam\\_e\\_0/download.spooler.download.1410849592769.pdf/Evaluation+Quest-Ausbildung\\_Schlussbericht.pdf](https://bi.zh.ch/internet/bildungsdirektion/de/themen/zahlen-fakten/veroeffentlichungen/_jcr_content/contentPar/publication_14/publicationitems/titel_wird_aus_dam_e_0/download.spooler.download.1410849592769.pdf/Evaluation+Quest-Ausbildung_Schlussbericht.pdf) (Stand 05/2018)
- Watt, H. M. G.; Richardson, P. W.; Klusmann, U.; Kunter, M.; Beyer, B.; Trautwein, U. und Baumert, J. (2012): Motivations for choosing teaching as a career: An international comparison using the FIT-Choice scale. In: Teaching and Teacher Education, H. 28, S. 791-805
- Weinmann-Lutz, B. (2006): Berufswechsel und Studium bei Erwachsenen am Beispiel angehender Lehrerinnen und Lehrer. Waxmann Verlag, Münster

Alessandro Pupillo  
 Marvin Krüger  
 Friederike Korneck  
 Michael Szogs

Goethe-Universität Frankfurt

## **Verstehensmodell physikalischer Konzepte als Zugang zu fachlicher Unterrichtsqualität am Beispiel der Verstehenselemente des Druckkonzeptes**

### **Unterrichtsqualität und die Diskussion um die vierte Dimension**

Viele (physikdidaktische) Studien adressieren die Qualität von Unterricht, insbesondere zur Untersuchung möglicher Prädiktoren im Bereich der professionellen Kompetenz (für eine Übersicht siehe Korneck, Cauet, Kulgemeyer & Tepner, 2017).

Unterrichtsqualität wird dabei oftmals im Sinne des Modells der Basisdimensionen konzeptualisiert (Klieme et al., 2006; Kunter & Voss, 2011). Obgleich eine entsprechend differenzierte Operationalisierung der Basisdimensionen Fachspezifika abbildet, gibt es fachliche bzw. fachdidaktische Aspekte des Unterrichtshandelns, die im Rahmen von Kognitiver Aktivierung, Konstruktiver Unterstützung und Klassenführung nicht abgedeckt werden können. Daher sollte in entsprechenden (Video-)Studien auch die fachdidaktische Qualität von Unterricht berücksichtigt werden. Lipowsky (2017) schlägt eine Ergänzung der Basisdimensionen um eine vierte, fachliche Dimension vor, die die Behandlung zentraler Konzepte und deren Beziehungen beinhaltet und von der ein Einfluss auf die Leistung und das konzeptuelle Verständnis der Schüler(innen) zu erwarten ist. Aktuell mangelt es jedoch an Zugängen für eine geeignete Charakterisierung dieser Dimension.

In der  $\Phi$ actio-Studie wurden mit der Fachlichen Korrektheit und der Fachlichen Transparenz zwei fachspezifische Subdimensionen in das Ratingmanual aufgenommen und analog zu den anderen Unterrichtsqualitätsdimensionen der Versuch eines hoch-inferenten Ratings unternommen (Szogs et al., 2017). Dieses kann jedoch – abgesehen von der geringeren Übereinstimmung der Rater, die sich insbesondere aus der Komplexität der Beurteilung fachlicher Korrektheit ergibt – nur ein erster Versuch bleiben, da für eine adäquate Beurteilung fachdidaktischer Qualität ein differenzierteres Vorgehen vonnöten ist, das die einzelnen fachlichen Bausteine des Unterrichts sowie ihre Beziehungen untereinander berücksichtigt. In diesem Sinne greift der Beitrag das Konzept der sogenannten Verstehenselemente von Drollinger-Vetter (2011) auf, um eine Basis für einen genaueren Blick auf die fachdidaktische Unterrichtsqualität bieten zu können (Pupillo, 2018).

Verstehenselemente sind hier die zentralen Teilelemente eines physikalischen Konzeptes, die Lernende mindestens verstanden haben müssen, um ein Konzept zu begreifen. Sie lassen sich mit weiteren fachdidaktischen Qualitätsmerkmalen verbinden und erlauben es zu untersuchen, inwiefern ein fachliches Konzept inhaltlich kohärent und bezüglich seiner Struktur klar entwickelt wird. In ihrer auf den Verstehenselementen aufbauenden Untersuchung konnte Drollinger-Vetter (2011) zeigen, dass eine höhere fachdidaktische Qualität der Theoriephasen tatsächlich einen Zusammenhang mit der Leistung der Schüler(innen) aufweist.

### **Das Verstehensmodell eines physikalischen Konzeptes**

Die Verstehenselemente selbst lassen sich in einem übergeordneten Verstehensmodell verorten. Dieses Modell verdeutlicht in einer grundsätzlichen Weise, was für einen verstehensbasierten Konzeptaufbau notwendig ist und berücksichtigt dazu insgesamt drei Verknüpfungsebenen (siehe Abb. 1): Auf der ersten und untersten Ebene finden sich die Verstehenselemente als kleinste Bausteine eines Konzepts. Sie sind miteinander verknüpft und werden auf der darüberliegenden Ebene durch verschiedene Repräsentationsformen dargestellt, welche ebenfalls untereinander verknüpft sind. Dabei benötigt nicht jedes Verste-

henselement jede Repräsentationsform. Auf der dritten und letzten Ebene sind schließlich die physikalischen Konzepte verortet, die sich aus den Verstehenselementen, die in verschiedenen Repräsentationsformen dargestellt werden, zusammensetzen. Im vorliegenden Fall soll das schwarz markierte Oval das zu verstehende Konzept darstellen. Auch dieses weist Verknüpfungen auf, hier zu anderen physikalischen Konzepten.

Das dargestellte Verstehensmodell wurde von Drollinger-Vetter (2011) in Bezug auf den Mathematikunterricht zum Satz des Pythagoras entwickelt. Dieser Beitrag untersucht die Übertragbarkeit des Ansatzes auf das Fach Physik und fokussiert dabei exemplarisch auf das physikalische Konzept des Druckes. Dazu sollen die notwendigen Verstehenselemente erarbeitet und am Unterrichtshandeln angehender Lehrkräfte pilotiert, d. h. ihr Vorkommen, ihre Reihenfolge sowie ihre Ursachen und Wirkungen charakterisiert, werden.

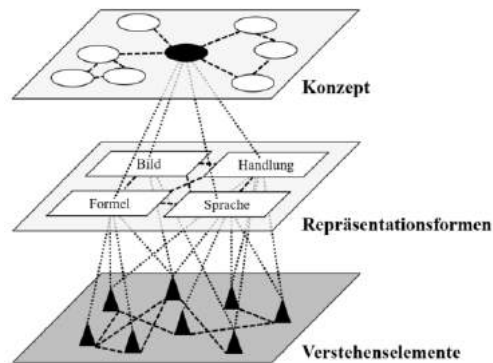


Abb. 1: Verstehensmodell eines Konzeptes (nach Drollinger-Vetter, 2011, S. 190)

### Verstehenselemente zum Druckkonzept

Am Anfang steht eine Sachanalyse des betrachteten Konzeptes, in diesem Fall des Druckkonzeptes. Dazu dienen hier u. a. die Arbeiten von Wodzinski (1999) zum Druckbegriff. Physikunterricht zeichnet sich dadurch aus, dass ein Konzept nie singular betrachtet wird, sondern stets in Verbindung mit entsprechenden Phänomenen gedacht wird. In Bezug auf das Druckkonzept wurden daher exemplarisch drei Freihandexperimente ausgewählt, deren physikalische Erklärungen im Wesentlichen auf dem Druckkonzept fußen: Das Ei in der Flasche, die implodierende Dose und der Kerzenaufzug (Berthold et al., 2012).

Tab. 1: Übersicht über die Verstehenselemente zum Druckkonzept

| Verstehenselement          | Ei in der Flasche | Implodierende Dose | Kerzenaufzug |
|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Druck als Zustandsgröße    | x                 | x                  | x            |
| Temperaturänderung         | x                 | x                  | x            |
| Aggregatzustandwechsel     |                   | x                  | x            |
| Stoffumwandlung            |                   |                    | x            |
| Druck- und Volumenänderung | x                 | x                  | x            |
| Bewegung bzw. Verdrängung  | x                 | x                  | x            |

Tabelle 1 zeigt die Verstehenselemente sowie deren jeweiliges Vorkommen in den drei Versuchen. Zudem ist bereits der Ursache- bzw. Wirkungscharakter der Verstehenselemente berücksichtigt, indem Ursacheelemente in einem hellen, Wirkungselemente in einem dunklen grau dargestellt sind. „Druck- und Volumenänderung“ ist einerseits als Element der Ursache, andererseits als Element der Wirkung zu verstehen und „Druck als Zustandsgröße“ wird querschnittlich gedacht und ist weder Ursache noch Wirkung.

### Analyse exemplarischer Unterrichtsminiaturen zum „Kerzenaufzug“

Um zu klären, inwiefern die theoretisch erarbeiteten Verstehenselemente sich auch tatsächlich im Unterricht wiederfinden, wurde Videomaterial aus der  $\Phi$ actio-Studie analysiert. Zu den drei Experimenten wurden je drei Unterrichtsvideos unterschiedlicher Lehrkräfte für eine vergleichende Betrachtung genutzt. Zu beachten ist, dass Verstehenselemente nicht nur von der Lehrkraft eingebracht, sondern auch von Schüler(inne)n genannt bzw. eingefordert werden. Bei der Analyse wurden daher alle Vorkommnisse berücksichtigt. Bei den Videos handelte es sich um sogenannte Unterrichtsminiaturen (12-minütig), die im Rahmen eines Microteaching-Seminars (Korneck et al., 2016) videographiert wurden.

Tab. 2: Übersicht über die erwartete Reihenfolge der Verstehenselemente bei dem „Kerzenaufzug“ sowie das Auftreten in drei exemplarischen Unterrichtsminiaturen

| Erwartete Reihenfolge   |                            | Unterricht A               | Unterricht B               | Unterricht C               |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Druck als Zustandsgröße |                            |                            | Bewegung bzw. Verdrängung  | Bewegung bzw. Verdrängung  |
|                         |                            | Druckänderung              | Druckänderung              | Druck als Zustandsgröße    |
|                         |                            | Bewegung bzw. Verdrängung  | Bewegung bzw. Verdrängung  | Druckänderung              |
|                         | Temperaturänderung         | Temperaturänderung         | Temperaturänderung         | Temperaturänderung         |
|                         | Aggregatzustandwechsel     |                            |                            |                            |
|                         | Stoffumwandlung            |                            |                            |                            |
|                         | Druck- und Volumenänderung | Druck- und Volumenänderung | Druck- und Volumenänderung |                            |
|                         | Bewegung bzw. Verdrängung  |                            | Bewegung bzw. Verdrängung  | Bewegung bzw. Verdrängung  |
|                         | Temperaturänderung         | Temperaturänderung         | Temperaturänderung         | Temperaturänderung         |
|                         | Aggregatzustandwechsel     |                            |                            |                            |
|                         | Druck- und Volumenänderung | Druck- und Volumenänderung | Druck- und Volumenänderung | Druck- und Volumenänderung |
|                         | Bewegung bzw. Verdrängung  | Bewegung bzw. Verdrängung  | Bewegung bzw. Verdrängung  | Bewegung bzw. Verdrängung  |

Tabelle 2 zeigt exemplarisch für den Versuch „Kerzenaufzug“ die theoretisch erwartete Reihenfolge der Verstehenselemente des Druckkonzeptes für die Erklärung des betrachteten Phänomens, die tatsächlich aufgetretenen Verstehenselemente sowie ihre Reihenfolge. Auffällig ist, dass die drei Lehrpersonen ihre Erklärung am selben Punkt, dem Element „Temperaturänderung“ neu ansetzen, nachdem sie erkennen, dass ihre Argumentation nicht schlüssig ist. Ab diesem Punkt ähneln sich die Reihenfolgen der genutzten Verstehenselemente. Es zeigt sich, dass Verstehenselemente in einer bestimmten Reihenfolge zusammenhängend Sinn ergeben, insbesondere wenn Ursache- und Wirkungselemente einander abwechseln. In den betrachteten Unterrichtsminiaturen folgt jedoch nicht zu jedem Element der Ursache sein entsprechendes Element der Wirkung. Fehlende Verstehenselemente werden jedoch teilweise von den Schüler(inne)n eingefordert.

Bei der Unterrichtsplanung können als Elementarisierungsentscheidung einzelne Elemente ausgespart werden, der Fokus liegt in den drei Unterrichtsbeispielen beispielsweise speziell auf dem Aspekt der Temperaturänderung als Ursache für die Druck- und Volumenänderung.

### Zusammenfassung und Ausblick

Nach einer ersten erfolgreichen Analyse der Verstehenselemente als der ersten Ebene des Verstehensmodells sollen im nächsten Schritt auch die Repräsentationsformen differenzierter in den Blick genommen werden. Anschließend folgt dann der Blick auf Ebene der physikalischen Konzepte, indem weitere Phänomengruppen untersucht werden.

### Literatur

- Berthold, C., Christ, D., Braam, G., Haubrich, J., Herfert, M., Hilscher, H., Kraus, J. & Möller, C. (2012). *Physikalische Freihandexperimente*. Band 1. Mechanik. 4. Auflage. München: Aulis Verlag.
- Drollinger-Vetter, B. (2011). *Verstehenselemente und strukturelle Klarheit: Fachdidaktische Qualität der Anleitung von mathematischen Verstehensprozessen im Unterricht*. Münster: Waxmann.
- Klieme, E., Lipowsky, F., Rakoczy, K. & Ratzka, N. (2006). Qualitätsdimensionen und Wirksamkeit von Mathematikunterricht. Theoretische Grundlagen und ausgewählte Ergebnisse des Projekts "Pythagoras". In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 127-146). Münster: Waxmann.
- Korneck, F., Cauet, E., Kulgemeyer, C. & Tepner, O. (2017). Zusammenhang von Lehrerkompetenz und -handeln: Probleme und Ansätze. In: C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016 (S. 368). Regensburg: Universität Regensburg.
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster: Waxmann.
- Lipowsky, F. (2017). *Kognitive Aktivierung und fachliche Unterrichtsqualität – Die gleiche Seite der Medaille?* Vortrag auf der Tagung der Kommission Schulforschung und Didaktik der DGfE und der Goethe-Universität. 06.03.2017. Frankfurt am Main.
- Pupillo, A. (2018). *Verstehenselemente als Merkmal fachdidaktischer Unterrichtsqualität*. Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung. Goethe-Universität, Frankfurt am Main.
- Szogs, M., Korneck, F. & Krüger, M. (2017). Erhebung von Unterrichtsqualität mittels hoch-inferenter Video-ratings. Das Ratingmanual der Factivio-Studie. In: C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Regensburg: Universität Regensburg.
- Wodzinski, R. (2000). Zustandsgröße Druck. Zur Einführung des Druckbegriffs in der Sekundarstufe I. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 11(57), 124–126.

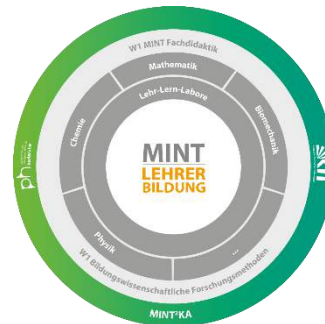
Sabrina Syskowski<sup>1</sup>  
Matthias Ducci<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PH Karlsruhe  
<sup>2</sup>PH Karlsruhe

### MINT<sup>2</sup>KA – Lehr-Lern-Labor „makeScience!“ im Fach Chemie

An der Pädagogischen Hochschule (PH) Karlsruhe und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) begann im Jahre 2016 die Umsetzung des gemeinsamen Verbundprojekts „MINT<sup>2</sup>KA – Lehr-Lern-Labore in den MINT-Fächern als Innovations- und Vernetzungsfeld in der Lehrerbildung am KIT und an der PH Karlsruhe“.

Im Rahmen des Verbundprojekts MINT<sup>2</sup>KA werden Schülerlabore in Physik, Chemie, Mathematik und Biomechanik (Sport) im Hinblick auf die Professionalisierung der Lehrerbildung weiterentwickelt. Alle Schülerlabore sind in die Kernaufgabe der Lehrerbildung der jeweiligen Hochschule eingebunden und bieten somit eine gesicherte Ausbildungsstätte für Lehramtsstudierende. Durch den festen Bestandteil der Mitarbeit der Lehramtsstudierenden durch Kursentwicklung und/oder Betreuung der Schulklassen in den Laboren, zählen sie zur Kategorie Lehr-Lern-Labor (LLL). Im Folgenden wird über das Labor „makeScience!“ am Institut für Chemie der PH Karlsruhe berichtet.



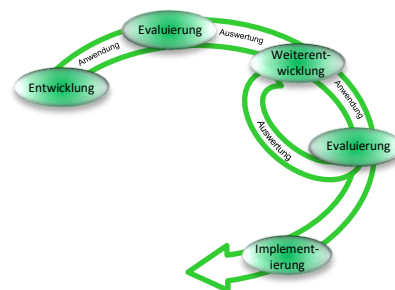
(Abb. 1 Projektübersicht)

#### Das ist „makeScience!“

Das Schülerlabor „makeScience!“ kann auf eine umfangreiche Expertise zurückgreifen, die im Jahre 2006 mit der Eröffnung des KinderLabors (KiLa) als LLL für Studierende der PH Karlsruhe und als außerschulischer Lernort für Grundschulklassen begann. Im Bereich der weiterführenden Schulen wurde das reine Schülerinnenlabor „forsche Schülerinnen forschen“ im Jahr 2010 zu einem gemischten Schülerlabor mit dem Namen „makeScience!“ umstrukturiert. Aktuell bietet „makeScience!“ Lernumgebungen zum Themengebiet Chemie, Umwelt und Nachhaltigkeit für die Sekundarstufe I an. Die im Rahmen des Projekts neu entwickelten Lernumgebungen zum Themengebiet Donator-Akzeptor-Prinzip und zur chemischen Kriminaltechnik für die gymnasiale Oberstufe werden in einem neu entwickelten LLL eingesetzt. Studierende beider Hochschulen werden im LLL eingebunden, wodurch ein Austausch unter den Studierenden beider Institutionen angeregt wird, von dem alle profitieren können. Die Studierenden der Universität bringen vertieftes Fachwissen mit und die Lehramtsstudierenden der PH ein tiefgehendes pädagogisches und fachdidaktisches Wissen.

#### Entwicklung

Das Seminar für die Studierenden und die oben genannten Lernumgebungen werden regelmäßig evaluiert und aufgrund der Ergebnisse weiterentwickelt, dies kann der Abbildung 2 entnommen werden. Die Konzeption des Seminars durchläuft diesen Zyklus mehrfach mit dem Ziel der Implementierung im Studienplan bzw. die Lernumgebungen im Laborbetrieb. Im Masterstudium für das Lehramt Sekundarstufe I an der PH ist der Schritt der Implementierung für das LLL schon erfolgt.



(Abb. 2 Entwicklung)

Um das Seminar zu evaluieren, werden verschiedene wissenschaftliche Methoden eingesetzt: Gruppen- wie Einzelgesprächen, die teilnehmende Beobachtung der Studierenden und der Seminarleiterin, das Lerntagebuch sowie der Austausch mit den erfahrenen Lehrkräften. Im nächsten Schritt der Seminarkonzeption stand die Rolle der Lehrkräfte im Fokus. Viele Lehrkräfte kommen der Bitte, die Beobachterrolle einzunehmen, nicht nach, wodurch sie den Lerneffekt der Studierenden negativ beeinflussen. Im Reflexionsgespräch wurde unter ande-

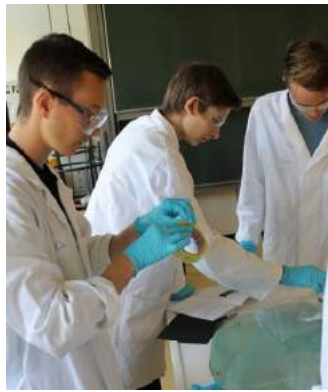


rem die Idee angeregt, zukünftig einen Beobachtungsbogen für die Lehrkräfte einzusetzen. Diese Idee wurde auch von Lehrkräften selbst positiv aufgenommen. Somit wird es zukünftig noch eine weitere externe Feedbackquelle für Studierende geben.

Das Seminar wird zusätzlich auch mittels des Evaluationsbogens zur Lehrveranstaltungsevaluation der PH Karlsruhe quantitativ beurteilt. Dieser Bogen wird durch die Stabsstelle Qualitätsmanagement zur Hochschulevaluation verpflichtend eingesetzt und ist fester Bestandteil der Qualitätssicherung in der Lehre an der PH Karlsruhe.

### **Konstruktion und Evaluation der Lernumgebungen**

Die oben genannten Schwerpunkte der Lernumgebungen bilden die Basis für die Konstruktion der zwei neuen Lernumgebungen. Dies ist zum einen die Lernumgebung Reaktionen im Bubble-Tea-Bällchen, die den Schwerpunkt auf dem Donator-Akzeptor-Prinzip hat, und zum anderen das Kriminallabor PH Karlsruhe, das die chemische Kriminaltechnik beleuchtet. Die Lernumgebungen sind bildungsplankonform, zum Teil weiterführend und alltagsbezogen.



(Abb. 3 Einblick in die Lernumgebung Kriminallabor PH Karlsruhe)

Anhand der oben beschriebenen wissenschaftlichen Methoden werden die Lernumgebungen evaluiert und durch die Erkenntnisse weiterentwickelt. So wurde bspw. Aufgrund wiederholter Aufkommen von Langeweile der Schüler\*innen bei der Durchführung der Geheimtintenstationen die Anzahl reduziert.

Wie das Seminar werden auch die Lernumgebungen nicht nur qualitativ, sondern auch mittels eines Schüler\*innenfragebogens quantitativ evaluiert. Diese Erhebung findet direkt nach der Durchführung der Lernumgebungen statt. Hier werden das Interesse, die Atmosphäre, Probleme und Wünsche abgefragt.

Die Auswertungen der Schüler\*innenfragebögen sind Gegenstand aktueller Analysen und werden zukünftig in die Weiterentwicklung des Seminars und der Lernumgebungen einfließen. Weitere Untersuchungen sind im Rahmen der Durchführung des Seminars im SS 2019 geplant.

**Literatur**

- Bösing, L., Jeske, G., Rendel, A., & Teichmann, K. (2016): Ausbildungsplan. Vorbereitungsdienst für die Laufbahn des höheren Schuldienstes an Gymnasien. Stuttgart. Online verfügbar unter <http://www.llpa-bw.de/Lde/Startseite/Service/Ausbildungsplan+VD+Gymnasium>, zuletzt geprüft am 11.10.2018.
- Feierabend, S., Plankenhorn, T., & Tathgeb, T. (2016): JIM 2016. Jugend, Information, (Multi-) Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. Stuttgart.
- Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2016): Bildungsplan 2016 - Chemie, LPH 3/2016 Bildungsplan des Gymnasiums, Reihe G Nr. 16. In: Bildungsplan des Gymnasiums. Online verfügbar unter <http://www.bildungsplaene-bw.de/Lde/LS/BP2016BW/ALLG/GYM/CH>, zuletzt geprüft am 11.10.2018.

## **Entwicklung und Reflexion von Lehrperformanz zum Umgang mit Vorwissen und Schülervorstellungen im Lehr-Lern-Labor-Seminar**

### **Theoretischer Hintergrund**

Die Frage, wie man mit Schülervorstellungen in Schulklassen umgeht, ist entscheidend für einen konstruktivistischen physikalischen Bildungsansatz (Müller, Wodzinski, & Hopf, 2011; Schuler, 2011). Nach Jung (1986) sind Schülervorstellungen solche Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Prinzipien und Phänomenen, die mit der Fachwissenschaftlichen Sichtweise nicht übereinstimmen. Diese Vorstellungen entstehen häufig aus Alltagserfahrungen. Strategien für Lehrer\*innen, mit diesen Schülervorstellungen umzugehen, können kontinuierlich oder diskontinuierlich sein. Kontinuierliche Strategien sind (a) die Brückenstrategie von Clement (1993), (b) die Verknüpfungsstrategie oder (c) die Umdeutungsstrategie (Jung, 1986). Diskontinuierliche Strategien sind innerhalb der Conceptual Change Theory (CCT, Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982) weit verbreitet und arbeiten mit einem kognitiven Konflikt bei den Lernenden. Der Umgang mit Schülervorstellungen hat sich als integraler Bestandteil der universitären Lehrerbildung in den Naturwissenschaften gefestigt (Kircher, Girwidz, & Häußler, 2015, S. 58). Bis heute gibt es jedoch kein Hochschulausbildungskonzept, das es den Lehramtsanwärter\*innen ermöglicht, die CCT und weitere Strategien mit dem tatsächlichen Unterricht mit echten Schüler\*innen zu verknüpfen (Fried & Trefzger, 2017). Dementsprechend war es unser Ziel, ein praxisnahes, und zugleich theoretisch fundiertes Lehrkonzept zu entwickeln, das die Unterrichtsleistung im Hinblick auf den Umgang mit Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht verbessert.

### **Konzept des Lehr-Lern-Labor-Seminars »Klimawandel & Schülervorstellungen«**

Das Lehr-Lern-Labor-Seminar (LLLS) hat eine lange Tradition in der Lehrerbildung für den naturwissenschaftlichen Unterricht (Krofta & Nordmeier, 2014). Unsere LLLS basieren auf einem gemeinsamen Konzeptionsmodell (Rehfeldt, Klempin, Seibert, Mehrrens, & Nordmeier, 2018) für alle Fächer, einschließlich der Stufenstruktur (siehe unten) und der Praktiken innerhalb dieser Stufen. Das LLLS ist ein Format, das aus iterativen Feldpraktiken besteht, die in einen regelmäßigen universitären Theoriekurs eingebettet sind. Es wird in einer siebenstufigen Struktur realisiert:

- (1) Theoretischer Input (z.B. zu CCT)
- (2) Peer-guided Vorbereitung von Schülerlabor-Aktivitäten
- (3) Schülerlabor 1 (Microteaching, Peer-Beobachtung)
- (4) Reflexionssitzung 1
- (5) Adaption der Reflexionsergebnisse in der Planung
- (6) Schülerlabor 2 (Microteaching, Peer-Beobachtung)
- (7) Reflexionssitzung 2

Strategien zum Umgang mit Schülervorstellungen werden im Rahmen der Theorie-Input-Sitzungen (1) untersucht. (2) Die Vorbereitung der Praxis konzentriert sich darauf, wie mit typischen Schülervorstellungen umgegangen werden kann. (3) & (6) Diese Aktivitäten werden dann zweimal mit kleinen Schüler\*innengruppen erprobt. Sowohl in der Planung, als auch in der Durchführung und begleitenden Peer-Beobachtung steht der professionelle Umgang mit Schülervorstellungen im Zentrum der Studierenden-Aktivitäten.

Danach (4) werden die Erlebnisse in hochstrukturierten Reflexionssitzungen mental verarbeitet (Barth, 2017). Diese Sitzungen umfassen theoretische Inputs, Noticing- und

Reasoningtraining (Sherin & van Es, 2009), die Generierung von Handlungsalternativen sowie die Entscheidung über Handlungsalternativen und die Umsetzung der jeweiligen (Barth, 2017). Reflexionen und Beobachtungen aus der Praxis werden durch zusätzliche theoretische Inputs zu Schülervorstellungen unterstützt.

Die Reflexionssitzungen finden in Peer-Trios statt, wobei die Dozierenden stete Ansprechpartner\*innen sind. Im Anschluss an die erste Reflexionssitzung werden die Unterrichtsvorbereitungen unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus der ersten Reflexionssitzung, des Peer- und Instructor-Feedbacks sowie der Beobachtungsprotokolle angepasst (5). Es folgt ein zweites Schülerlabor (6) mit anschließender Reflexion (7). Es wird angenommen, dass durch diese Intervention theoretisches und praktisches Wissen stärker ineinander integriert wird (Abels, 2011). Entlang dieser Schritte zielt das LLLS darauf ab, den angehenden Lehrer\*innen eine theoriebasiert-reflektierte Praxiserfahrungen zu ermöglichen.

### **Forschungsfrage**

Wie entwickelt und verbessert sich die »Performanz im Umgang mit Schülervorstellungen« durch den Besuch unseres LLLS?

### **Methoden**

(a) Eine erste Möglichkeit, die Entwicklung des Unterrichts zu analysieren, besteht darin, Überzeugungen über die Lehrmethoden zu betrachten. Hierfür kann die Selbstwirksamkeit der Studierenden im Umgang mit Schülervorstellungen gemessen werden. Dies wird durch die Verwendung von 6-Punkt-Likert-Skalen erreicht, die von Meinhardt, Rabe und Krey (2016) entwickelt und validiert wurden. Explizit sind die beiden verwendeten Skalen (a) »Handlungsfeld „Umgang mit Schülervorstellungen/Planung“ (SWE-SV-P)« und (b) »Handlungsfeld „Umgang mit Schülervorstellungen/Durchführung“ (SWE-SV-D)«. Die Forschung zum »Praxischock« (Dicke et al., 2016; Tschannen-Moran, Hoy, & Hoy, 1998) zeigt einen Rückgang solcher SWE bei Konfrontation mit Praxis, die auf einer Überforderung der Studierenden mit der hohen Komplexität realen Unterrichts basieren kann. Dies geht mit negativen Folgen für die allgemeine Unterrichtszufriedenheit und die Leistung der Schüler\*innen einher (Caprara, Barbaranelli, Steca, & Malone, 2006). Daher sind unsere LLLSs sehr komplexitätsreduziert angelegt, da kleine Gruppen von vier bis zehn Schüler\*innen in vertrauter Umgebung (Universitätsräume) unterrichtet werden. Die Unterrichtsvorbereitung erfolgt in Trios und Lernmaterialien und Experimente werden vorbereitet. Mit all diesen Maßnahmen kann ein Praxischock verhindert oder deutlich abgefedert werden. Das Design besteht aus einer vierfachen Messung: Eine Messung zu Beginn des Seminars, eine INTER1-Messung nach der ersten und eine INTER2-Messung nach der zweiten Praxiserfahrung. Eine POST-Messung findet am Ende der LLLS statt (N = 49). Als Auswertungsmethode wird der abhängige t-Test mit Bonferroni-Holm-Korrektur verwendet.

(b) Die Lehrperformanz selbst wird durch Videoanalyse der Microteachingsituationen in der Praxis ermittelt. Beide Schülerlabortermine wurden dazu mit Overheadkameras und Tischmikrofonen aufgezeichnet. Sie werden dann auf »Exploration des Vorwissens« und »Umgang mit Schülervorstellungen« analysiert (Vogelsang, 2014). Analysemethoden sind 4-Punkt-Likert-Experten-Ratingskalen, die von Vogelsang (2014) validiert wurden. Diese werden nach dem Betrachten der Videoclips eingesetzt und die Interrater-Reliabilität (N = 6 von 21 bisher analysiert) geschätzt.

### **Ergebnisse und Interpretation**

(a) Die Selbstwirksamkeitserwartungen im professionellen Umgang mit Schülervorstellungen nehmen bei den Studierenden eine positive Entwicklung (Abb. 1). Die SWE

steigt von der PRE- zur POST-Messung mit großen Effekt an, was sowohl für die Planung als auch für die Durchführung gilt ( $d = 1.21/1.22^{***}$ ). Kein »Praxisschock« konnte empirisch gemäß eines Rückgangs der SWE festgestellt werden, weder bei INTER1 noch bei INTER2. Wir kommen daher zu dem Schluss, dass die Komplexität unserer LLLS auf ein Niveau reduziert wird, auf dem wir in der Lage sind, positive Überzeugungen über den Unterricht zu fördern, von denen angenommen wird, dass sie zu der Gewissheit führen, dass die Studierenden theoretisch geeignete Strategien anwenden können, um Schülervorstellungen der Lernenden professionell zu begegnen.

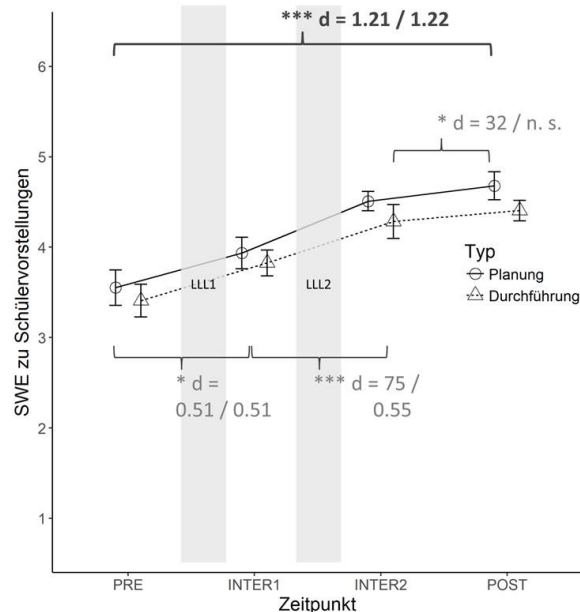


Abb. 1: Entwicklung der SWE zum Umgang mit Schülervorstellungen.

(b) Erste deskriptive Ergebnisse aus der Entwicklung der Performanz mittels Videoanalyse (qualitativ: Cohens  $\kappa = .63$ ; quantitativ: ICC = .54) zeigen eine positive Entwicklung der Teilnahme an unserem LLLS für die Performanz im Umgang mit Schülervorstellungen (Hedges  $g = 1.76$ ), nicht allerdings für die Exploration des Vorwissens ( $p > .10$ ). Die Ergebnisse hierzu sind mit  $N = 6$  allerdings als äußerst vorläufig und unsicher zu bezeichnen ( $CI_g = [0.24; 3.27]$ ).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass unser LLLS nach ersten Analysen die Lehrperformanz der Studierenden und ihre Selbstwirksamkeitserwartungen zum Umgang mit Schülervorstellungen positiv zu beeinflussen scheint. Das Physik-LLLS der Freien Universität kann daher einen performativen Wandel in der Ausbildung von Physiklehrer\*innen in Bezug auf den Umgang mit Schülervorstellungen bewirken.

Dennoch sind weitere Daten und Auswertungsschritte, insbesondere für verschiedene theoretische Konstrukte, erforderlich, um die aktuellen Erkenntnisse zu konsolidieren.

Das Projekt *K2teach* wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

## Literatur

- Abels, S. (2011). LehrerInnen als „Reflective Practitioner“. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Barth, V. L. (2017). Professionelle Wahrnehmung von Störungen im Unterricht. Wiesbaden: Springer VS.
- Caprara, G. V., Barbaranelli, C., Steca, P., & Malone, P. S. (2006). Teachers' self-efficacy beliefs as determinants of job satisfaction and students' academic achievement: A study at the school level. *Journal of School Psychology*, 44(6), 473–490.
- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241–1257.
- Dicke, T., Holzberger, D., Kunina-Habenicht, O., Linninger, C., Schulze-Stocker, F., Seidel, T., Kunter, M. (2016). „Doppelter Praxischock“ auf dem Weg ins Lehramt? *Psychologie in Erziehung Und Unterricht*, 63(4), 244–257.
- Fried, S., & Trefzger, T. (2017). Eine qualitative Untersuchung zur Anwendung von physikdidaktischem Wissen im Lehr-Lern-Labor. In S. Bernholt (Ed.), *GDCP Jahrestagung 2016*. Kiel: IPN.
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften Im Unterricht-Physik/Chemie*, 34(13), 2–6.
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (Eds.). (2015). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Aufl.). Berlin: Springer Spektrum.
- Krofta, H., & Nordmeier, V. (2014). Bewirken Praxisseminare im Lehr-Lern-Labor Änderungen der Lehrerselbstwirksamkeitserwartung bei Studierenden? *PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Meinhardt, C., Rabe, T., & Krey, O. (2016). Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern: Skalendokumentation. Halle.
- Müller, R., Wodzinski, R., & Hopf, M. (2011). *Physik allgemein / Schülervorstellungen in der Physik: Festschrift für Hartmut Wiesner* (3. unveränderte Auflage). Köln: Aulis.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- Rehfeldt, D., Klempin, C., Seibert, D., Mehrrens, T., & Nordmeier, V. (2017). Fächerübergreifende Wirkungen von Lehr-Lern-Labor-Seminaren: Adaption für die Fächergruppen Englisch, Geschichte und Sachunterricht. In C. Maurer (Ed.), *GDCP Jahrestagung 2016*. Kiel: IPN.
- Schuler, S. (2011). Alltagstheorien zu den Ursachen und Folgen des globalen Klimawandels: Erhebung und Analyse von Schülervorstellungen aus geographiedidaktischer Perspektive. Bochum: Europäischer Universitätsverlag.
- Sherin, M. G., & van Es, E. A. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision. *Journal of Teacher Education*, 60(1), 20–37.
- Tschannen-Moran, M., Hoy, A. W., & Hoy, W. K. (1998). Teacher Efficacy: Its Meaning and Measure. *Review of Educational Research*, 68(2), 202–248.
- Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos.

Annika Rochholz  
 Maria Todorova  
 Katharina Fricke  
 Anna Windt

Westfälische Wilhelms-Universität  
 Münster

## **Förderung adaptiver Planungskompetenz durch Praxiserfahrung im Lehr-Lern-Labor**

### **Ausgangslage und theoretischer Hintergrund**

Unterrichtsplanung ist eine Kerntätigkeit von Lehrkräften, die auch für die Lehrerbildung von Bedeutung ist (KMK, 2004). Ein Erwerb der Kompetenz zur Unterrichtsplanung kann daher bereits im Studium beginnen. In Anlehnung an das Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, 2007) kann diese definiert werden als Kompetenz zur Durchführung eines Planungsprozesses, der auf der Grundlage und in Wechselbeziehung zur fachlichen Klärung des Unterrichtsgegenstands und zur Erfassung von Lernerperspektiven zu konkreten Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen für den Unterricht führt. Der Begriff der *adaptiven* Planungskompetenz betont die optimale Passung zwischen dem Lernstand der Schülerinnen und Schüler und dem Sachinhalt bei der Unterrichtsplanung und für den Unterricht (Beck et al., 2008).

Um den Erwerb von Planungskompetenz im Rahmen der Lehrerinnen- und Lehrerbildung zu fördern, ist neben der Vermittlung methodischer, fachdidaktischer und fachwissenschaftlicher Grundlagen (Baumert & Kunter, 2006) auch der reflektierte Durchlauf folgender Schritte relevant: Analyse der Planungsaufgabe, Durchführung der Planung, Ausführung der geplanten Handlungen, Evaluation der Ausführung, Reflexion über Planung und Erfolg (Kiper & Mischke, 2009). Studienergebnisse konnten einen Anstieg von Planungskompetenz während Praktika im Studium zeigen (Baer et al., 2011), also denjenigen Phasen, in denen die Studierenden mit der Unterrichtspraxis in Berührung kommen. Es lässt sich daher annehmen, dass die Durchführung und Reflexion einer Planung zum Erwerb von Planungskompetenz beitragen, insgesamt gibt es bisher jedoch nur wenig Forschung bezüglich dieser zentralen Kompetenz von Lehrkräften (König, Buchholtz & Dohmen, 2015).

Eine Möglichkeit zur praktischen Erprobung und Reflexion stellt der Einsatz eines Lehr-Lern-Labors im Rahmen einer universitären Lehrveranstaltung dar. Dieses noch recht innovative und aktuell viel beforschte Format birgt das Potential einer wirksamen Praxiserfahrung, in der Studierende eigenes Handeln in authentischen Lehr-Lern-Prozessen erproben können (Dohrmann & Nordmeier, 2015). Ein besonderes Merkmal ist dabei die Komplexitätsreduktion, die sich in der Vertrautheit des Settings, der Unterstützung, der Arbeit mit kleineren Schülergruppen oder einer Fokussierung äußern kann (z.B. Steffensky, 2007; Mansholt & Komorek, 2016; Deutsche Telekom Stiftung, 2013). So soll eine Überforderung der Studierenden vermieden und ein Kompetenzaufbau ermöglicht werden.

Auch im Bereich der Lehr-Lern-Labore ist der Forschungsstand aktuell noch sehr überschaubar, so dass in diesem Projekt mit dem Einsatz eines Lehr-Lern-Labors und der Untersuchung von Planungskompetenz zwei wenig erforschte Aspekte in Verbindung gebracht werden. Die bislang vermuteten Potentiale eines Lehr-Lern-Labors stellen möglicherweise einen geeigneten Rahmen dar, um die Kompetenz der Unterrichtsplanung bei Lehramtsstudierenden zu fördern.

### **Fragestellung und Hypothese**

Die zentrale Fragestellung dieses Projekts lautet:

Lässt sich die Planungskompetenz von Studierenden in einer Lehrveranstaltung mit reflektierten Unterrichtserprobungen (EG) stärker verbessern als in einer Lehrveranstaltung ohne Unterrichtserprobungen (KG)?

Es wird angenommen, dass die reflektierte Unterrichtserprobung einer zuvor eigens angefertigten Planung ein entscheidender Faktor für die Verbesserung der Planungskompetenz ist und sich die Studierenden der EG daher stärker verbessern als die Studierenden der KG (Bromme, 2008; Hascher, 2011; Kiper, 2014; Kiper & Mischke, 2009; Müller & Dieck, 2011; Terhart, 2000).

### **Studiendesign und Stichprobe**

Die o.g. Fragestellung wird im Rahmen einer experimentellen Interventionsstudie im Prä-Post-Kontrollgruppen-Design untersucht. Die Hauptstudie wird im Wintersemester 2018/2019 mit  $N=56$  Sachunterrichtsstudierenden im ersten Mastersemester durchgeführt. Diese werden randomisiert der Experimentalgruppe und der Kontrollgruppe zugeteilt.

Die beiden Gruppen erhalten einen Großteil der vierstündigen Seminarsitzungen gemeinsam. Sie unterscheiden sich lediglich hinsichtlich der Einbindung einer reflektierten Unterrichtserprobung (EG) und dem Einsatz von ausgiebigen Peerfeedbacks (KG). Zu Beginn der Lehrveranstaltung erfolgt die Prä-Erhebung der Planungskompetenz in beiden Gruppen. Nach der Erarbeitung der theoretischen Grundlagen, der Erstellung einer eigenen Unterrichtsplanung sowie der zweimaligen Erprobung und Reflexion in der EG bzw. der zweimaligen Präsentation und gegenseitigen Rückmeldung in der KG (s.u.) findet die Post-Erhebung statt<sup>1</sup>.

### **Intervention: Inhalte der Lehrveranstaltung**

Die Intervention zur Förderung der Planungskompetenz umfasst zunächst eine Erarbeitung der notwendigen theoretischen Grundlagen (3 Sitzungen). Diese beinhalten eine Auseinandersetzung mit verschiedenen Planungsmodellen, bevor die fachliche Klärung des Unterrichtsthemas „Statik“ erfolgt, zu dem im Seminarverlauf eine Unterrichtsplanung erstellt wird. Anschließend werden die Präkonzepte der später unterrichteten Schülerinnen und Schüler zum Thema ausgewertet, die als Grundlage für die eigene Unterrichtsplanung dienen. Der Fokus liegt während des gesamten Planungsprozesses auf den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler und der Analyse ihrer Lernprozesse, so dass dies im Vorfeld intensiv theoretisch und praktisch erarbeitet wird. Als zentrale Elemente der Gestaltung von Lernprozessen werden insbesondere Experimente und Aufgaben thematisiert. Auch Differenzierungs- und Scaffoldingmaßnahmen sollen für die eigene Unterrichtsplanung berücksichtigt und umgesetzt werden. Nach der Erarbeitung aller Grundlagen erstellen die Studierenden in Kleingruppen von drei Personen eine Unterrichtsplanung für eine Einzelstunde zu einem vorgegebenen Ziel (2 Sitzungen). Die Studierenden der EG erproben ihre Planung anschließend zweimal mit Schülerinnen und Schülern im Lehr-Lern-Labor und reflektieren beide Erprobungen jeweils direkt im Anschluss, um ihre Planung zu optimieren (4 Sitzungen). Im ersten Fall erfolgt die Reflexion in der EG videobasiert, im zweiten Fall auf Grundlage eines Beobachtungsbogens und der Rückmeldung der beobachtenden Peers. Die Studierenden der KG präsentieren sich hingegen ihre Planung gegenseitig, erproben praktisch einzelne Elemente wie z.B. Experimente untereinander und geben sich auf Basis ihrer Beobachtungen Feedback, um ihre Planungen anschließend zu optimieren (4 Sitzungen).

<sup>1</sup> Aus motivationalen Gründen erhalten die Studierenden der KG nach dem Post-Test (in den letzten beiden Seminarsitzungen) die Möglichkeit ihre Planung mit Schülerinnen und Schülern im Lehr-Lern-Labor zu erproben und anschließend zu reflektieren, während sich die Studierenden der EG mit der Einbettung der geplanten Stunde in eine Unterrichtsreihe befassen.



### **Instrument**

Die Erhebung der Planungskompetenz erfolgt mithilfe eines in Anlehnung an Schröder, Vogelsang & Riese (2016) entwickelten Performanztests. Er enthält eine Planungsaufgabe, in der Vorgaben zum Stundenthema, zu den zu berücksichtigenden Schülervorstellungen, zum Stundenziel und verschiedenen Unterrichtsbedingungen (Zeit, Material, Methoden) enthalten sind. Es folgen drei offene Aufgaben: In einer ersten Aufgabe soll/en ein oder mehrere Experimente für den zu planenden Unterricht beschrieben und deren Einsatz begründet werden. Als zweites soll ein gesamter tabellarischer Unterrichtsentwurf ausgefüllt werden, bei dem u.a. kognitive Lernschritte der Schülerinnen und Schüler verschriftlicht werden sollen. Abschließend werden die Studierenden in einer dritten Aufgabe dazu aufgefordert, Maßnahmen zum expliziten Umgang mit Schülervorstellungen in der geplanten Stunde theoriebasiert zu reflektieren. Die Studierenden haben zum Bearbeiten des Performanztests 120 Minuten Zeit. Die Bearbeitung erfolgt in Einzelarbeit digital am Laptop. Während der gesamten Zeit dürfen keine weiteren Hilfsmittel oder das Internet genutzt werden. Eine fachliche und fachdidaktische Einführung zum Unterrichtsthema „Verbrennung“ des Tests erhalten sie als Vorbereitung im Vorfeld, um auszuschließen, dass ihre Unterrichtsplanung an fehlendem fachlichen oder fachdidaktischen Wissen scheitert.

### **Erste Ideen zur Auswertung**

Die Daten aus dem Performanztest sollen mithilfe einer strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet werden. Hierzu wird ein vor allem deduktiv entwickeltes Kategoriensystem eingesetzt, mit dem die Qualität der Studierendenlösung beurteilt und anschließend in ein vergleichbares Maß zur Ausprägung der Planungskompetenz überführt wird. Hierzu werden Punktzahlen für die einzelnen Kategorien vergeben. Für die beiden Aufgaben zu Experimenten und Maßnahmen zum Umgang mit Schülervorstellungen fokussiert die Auswertung auf die Begründungsqualität. In Bezug auf den tabellarischen Stundenverlauf sollen die Qualität und Abfolge der Lernschritte der Schülerinnen und Schüler, die Passung zu den entsprechenden Unterrichtsschritten sowie verschiedene Kriterien bezüglich der Unterrichtsgestaltung bewertet werden. Die Erstellung des Kategoriensystems und eines entsprechenden Kodiermanuals steht aktuell an. Besondere Herausforderungen sind dabei die Operationalisierung der Passung zwischen Lernschritten und Unterrichtsschritten, die *qualitative* Bewertung der Ausprägung einzelner Kriterien zur Unterrichtsgestaltung sowie die potentielle Möglichkeit der unterschiedlichen Gewichtung der einzelnen Kriterien für die Bewertung insgesamt.

### **Ausblick**

Parallel zur Durchführung der Hauptstudie im Wintersemester 2018/2019 soll mithilfe von Pilotierungsdaten die Erstellung des Kodiermanuals erfolgen, so dass anschließend mit der Auswertung der Daten zur Planungskompetenz begonnen werden kann. Diese werden dann im Projekt mit Daten zu Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden hinsichtlich der Berücksichtigung von Schülervorstellungen bei der Planung, Durchführung und Reflexion von naturwissenschaftlichem Sachunterricht und verschiedenen Kontrollvariablen wie z.B. Fachwissen, fachdidaktischem Wissen oder der Erfahrung mit der Planung von Sachunterricht zusammengeführt.

## Literatur

- Baer, M., Kocher, M., Wyss, C., Guldemann T., Larcher, S., & Dörr, G. (2011). Lehrerbildung und Praxiserfahrung im ersten Berufsjahr und ihre Wirkung auf die Unterrichtskompetenzen von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 14 (1), 85-117.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, (9), 469-520.
- Beck, E., Baer, M., Guldemann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C., & Müller, P. (2008). *Adaptive Lehrkompetenz: Analyse und Struktur, Veränderung und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens*. Waxmann Verlag.
- Bromme, R. (2008). Lehrerexpertise. *Handbuch der pädagogischen Psychologie*, 3, 159-167.
- Deutsche Telekom Stiftung (2013). *Neue Konzepte für die MINT-Lehrerbildung. Entwicklungsprozesse an vier deutschen Universitäten*.
- Dohrmann, R., & Nordmeier, V. (2015). Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore (LLL): Ein Projekt zur forschungsorientierten Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Hascher, T. (2011). Vom "Mythos Praktikum" ... und der Gefahr verpasster Lerngelegenheiten. *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, (3), 8–15.
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In: *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung Berlin/Heidelberg*: Springer, 93-104.
- Kiper, H. (2014). Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht. *Handlungspsychologische Überlegungen. Journal für LehrerInnenbildung*, 14 (4), 7-14.
- Kiper, H., & Mischke, W. (2009). *Unterrichtsplanung*. Beltz.
- Kultusministerkonferenz (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften - Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004*.
- König, J., Buchholtz, C., & Dohmen, D. (2015). Analyse von schriftlichen Unterrichtsplanungen: Empirische Befunde zur didaktischen Adaptivität als Aspekt der Planungskompetenz angehender Lehrkräfte. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18(2), 375–404.
- Mansholt, M. & Komorek, M. (2016). Adaptive Lehrprozesse im Lehr-Lern-Labor. In: Maurer, C. (Hrsg.): *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015. Jahrestagung. Berlin. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, 101–103.
- Müller, K. & Dieck, M. (2011). Schulpraxis als Lerngelegenheit. Mehrperspektivische empirische Befunde zu einem Langzeitpraktikum. *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, (3), 46-50.
- Steffensky, M. (2007). Schülerlabore - nur für Schüler? Praxisrelevante Lerngelegenheiten für Studierende und Lehrkräfte. In: *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie* (99), 46–49.
- Terhart, E. (2000). Qualität und Qualitätssicherung im Schulsystem. Hintergründe - Konzepte - Probleme. *Zeitschrift für Pädagogik*, 46 (6), 809-829.

Michael Hirth<sup>1</sup>  
 Sebastian Höfner<sup>2</sup>  
 Benjamin Brück<sup>3</sup>  
 Andreas Schütze<sup>2</sup>  
 Jochen Kuhn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Kaiserslautern  
<sup>2</sup>Universität des Saarlandes  
<sup>3</sup>Schülerforschungszentrum Saarlouis

## **SUSmobil**

### **Bewertung von Luftqualität und mobile Schülerumweltstudien**

#### **Kurzzusammenfassung**

Im Projekt SUSmobil werden Schülerinnen und Schüler mit Gassensoren vertraut gemacht. In drei Lernmodulen, die in Schülerlaboren stattfinden, ist es dabei wesentliches Ziel, ein Verständnis der Funktionsweise speziell von Metalloxid-Halbleitergassensoren zu entwickeln, ihre Kalibrierung sachgerecht vorzunehmen und anwendungsorientierte Messungen im Kontext der Innenraumluft betreut durchzuführen und auszuwerten. Die in den Modulen erworbenen Kenntnisse sind die Grundlage für Schülerumweltstudien (= SUS), bei denen Lernenden selbstständig Luftqualitätsmessungen in ihrem Lebensumfeld durchführen, indem sie mit mobilen Endgeräten gekoppelte Sensorsysteme verwenden. Durch die Möglichkeit zur gesellschaftlichen Teilhabe im von Citizen Science inspirierten Projektansatz adressiert SUSmobil die Förderung umweltrelevanten Verhaltens und Handelns.

#### **Schülerlabormodule – Inhaltliche Konzeption**

Die zur reflexiven Durchführung von Schülerumweltstudien notwendigen fachlichen Voraussetzungen werden in drei Schülerlabormodulen geschaffen. Mit dem Ziel einer Passung in bestehende Curricula im Saarland und in Rheinland-Pfalz erfolgt die inhaltlich-methodische Konzeption zunächst für Lernende am Ende der Mittelstufe im Rahmen des Themenfeldes Sensorik. Eine Adaption der Module für Lernende der gymnasialen Oberstufe und sogar für Studierende (z.B. Messtechnik, Lehramt Physik) ist in einer späteren Projektphase angedacht. Als Lernort fungieren Schülerlabore, die durch die beteiligten Projektpartner jeweils zur Verfügung stehen. Wesentliches Merkmal der Module ist, dass die Lernenden anhand von Anleitungen auf HTML-Basis (JavaScript) durch die Lernszenarien geführt werden. Dies erleichtert einerseits die unmittelbare Betreuung. Im Sinne einer Nachhaltigkeit kann hierdurch andererseits eine interne Etablierung über die Projektdauer hinaus, aber auch eine externe Verbreitung der entwickelten Lernumgebungen begünstigt werden.

#### **- Modul 1: Funktionsweise von Halbleitergassensoren**

Mithilfe einer speziellen Experimentierplatine wird der Widerstand von Metalloxid-Halbleitergassensoren unter dem Angebot verschiedener Dämpfe bei konstanter und variabler Sensortemperatur (über Heizspannung regelbar) gemessen. Hierzu wird ein Glas an der Unterseite der Platine an einen Deckel geschraubt. Ein Gassensor, ebenfalls an der Unterseite der Platine, steht durch eine Aussparung am Deckel in Kontakt mit der Atmosphäre im Glas. Als Zielgase dienen die Dämpfe von Wasser (feuchte Luft), Apfelsaft und alkoholfreiem Bier. Eine Darstellung der Platine in der Draufsicht sowie von unten zeigt Abb.1.

Die experimentellen Befunde werden mithilfe eines dem Lernstand der Schülerinnen und Schüler angemessenen Funktionsmodells gesichert. Es wird herausgestellt, dass die Bedeckung der Sensoroberfläche mit Luftsauerstoff und die Reaktion von Zielgasen mit diesem Sauerstoff den basalen Funktionsmechanismus der Sensorreaktion darstellt. Eine für die Kalibrierung entscheidende Erkenntnis ist, dass die Sensorresponse durch Variieren der Sensortemperatur gasspezifisch beeinflusst wird (Temperatur-Widerstandsverlauf als „Fingerabdruck“ eines Gases).

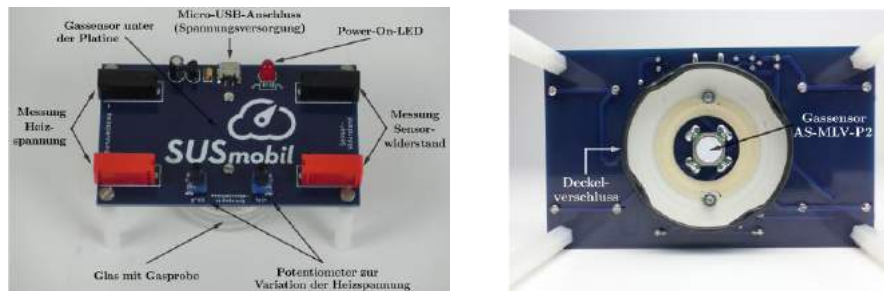


Abb.1 Platine für grundlegende Messungen zur Funktionsweise von Metalloxid-Halbleitergassensoren in Draufsicht (links) und von unten (rechts).

- Modul 2a: Kalibrierung von Halbleitergassensoren

Für die Kalibrierung ist eine „mobile“ Gasmischanlage aus einem Gasreservoir mit Ethanol dampf und einer Messkammer entworfen worden (Abb.2). Durch Entnahme definierter Volumina aus dem von den Lernenden vorzubereitenden Reservoir können geeignete Gas-mengen mit einer Spritze in die Messkammer überführt werden, in welcher sich ein Gassensor befindet. Über einen Mikrocontroller wird die Temperatur des Sensors automatisiert zyklisch verändert (temperaturzyklischer Betrieb: Reimann & Schütze, 2013, Baur, Schütze, & Sauerwald, 2015). Die erhaltenen Temperatur-Widerstands-Verläufe stellen Rohdaten dar, aus denen durch geeignete Signalverarbeitung anhand von Merkmalen der Kurven (z.B. Mittelwerte, Steigungen) Rückschlüsse auf die angebotenen Konzentrationen gezogen werden können. Als mathematisches Modell wird ein über eine selbst entwickelte Software zur Verfügung gestelltes neuronales Netz verwendet, das die Kurvenmerkmale als Trainingsdaten verwendet. Zur Validierung nach Abschluss der Kalibrierung testen die Schülerinnen und Schüler die Vorhersage an Hand einer nicht zum Training benutzten Referenzkonzentration.

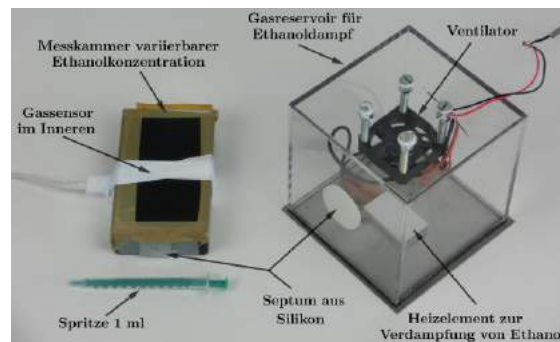


Abb.2 Mobile Gasmischanlage bestehend aus einem Gasreservoir und einer Messkammer zur Kalibrierung eines Halbleitergassensors.

- Modul 2b: Anwendungen zur Innenraumluftqualität

Unter Verwendung kalibrierter Gassensoren werden Luftqualitätsmessungen in Innenräumen durchgeführt. In „Duellen“ werden dabei unter anderem die Emissionen von Stoffen (etwa „Öko-“ und „nicht-Öko“-Produkte mit und ohne Umweltsiegel „Blauer Engel“) verglichen. Im Verlauf des Moduls lernen die Schülerinnen und Schüler wichtige Schadstoffe der Innenraumluft, ihre Quellen und ihre Wirkung auf die Gesundheit kennen. Durch ein gesteigertes Bewusstsein für gesundheitsschädliche Ausdünstungen aus Alltagsgegenständen sollen die Lernenden Konsequenzen für gesundheits- und umweltbewusstes Handeln ziehen (z.B. Konsumverhalten, Beachtung von Umweltsiegeln).

Die Messungen werden ähnlich zu Modul 1 mit einer „Anschraubplatine“ vorgenommen, auf der außer einem kalibrierten Gassensor auch ein Mikrocontroller angebracht ist. Indem der Mikrocontroller mit einem Server (z.B. Blynk, <https://www.blynk.cc/>) kommuniziert, können Messdaten über ein mobiles Endgerät angezeigt und ausgewertet werden. Die hier verwendete, auf einem IoT-Ansatz fußende experimentelle Basis befindet sich ebenso wie die inhaltlich-methodische Gestaltung derzeit noch in Entwicklung (u.a. spezifische Kalibrierung, Auswahl der zu prüfenden Stoffe für die Emissionsduelle).

### **Modul 3: Schülerumweltstudien – Intention und didaktischer Hintergrund**

Im Anschluss an die Module 1, 2a und 2b werden die Lernenden angeregt, ausgewählten, gegebenenfalls eigenen Umweltfragestellungen im Kontext der Bewertung von Luftqualität nachzugehen. Die enge Verkopplung mit Fachwissenschaftlern stellt dabei sicher, dass interessante Fragestellungen frühzeitig in realistische Untersuchungsszenarien gelenkt und anschließend auch tatsächlich eigenständig bearbeitet werden können. Authentische Themen für Umweltstudien stellen beispielweise Untersuchungen der Innenraumluftqualität in Schulräumen, Abgasmessungen an Verbrennungsmotoren oder vergleichende Analysen der Luftqualität in Innenstädten und auf dem Land dar.

Das informelles Lernszenarium der Schülerumweltstudien ordnet sich in das didaktische Konzept des Mobile Assisted Seamless Learning ein (Wong & Looi, 2011; Hirth, Kuhn, Müller, Rohs, & Klein, 2016). Das durch mobile Messtechnik einschließlich mobiler Endgeräte unterstützte Lernen wird dabei als Prozess verstanden, der in verschiedensten Szenarien „seamless“, also „nahtlos“, stattfinden kann und nicht auf den Unterricht beschränkt bleiben muss (räumlich, zeitlich und thematisch). Formalisiertes Lernen, im Projekt SUSmobil durch die Schülerlabormodule realisiert, gilt als Voraussetzung für die Befähigung (fachliche Expertise) und Initiierung (Motivation, Neugierde) eines informellen Lernens. Als Möglichkeit einer gesellschaftlich-demokratischen Mitwirkung und Gestaltung kann die partizipatorische, wissenschaftlich begleitete Erfassung von Umweltdaten und -belastungen in den Schülerumweltstudien schließlich als Beispiel für Citizen Science (z.B. Kanhere, 2007) angesehen werden. Dies gilt insbesondere auch deshalb, da Multiplikationseffekte durch die Involvierung von Menschen aus dem sozialen Umfeld der Jugendlichen (z.B. Freunde, Eltern, Parallelklassen) möglich erscheinen.

### **Umweltbewusstsein Jugendlicher – erste Ergebnisse einer Baseline-Erhebung**

SUSmobil adressiert die Förderung von Kompetenzen der Nachhaltigkeitsbewertung sowie die Stärkung von Umweltbewusstsein und -handeln Heranwachsender. Junge Menschen unterscheiden sich im Umgang mit Umwelt und Umweltschutz erheblich (Gossen, Holzhauer, Schipperges & Scholl, 2015). Oft existiert ein diffuses und abstraktes Umweltbewusstsein, das gerade bei jungen Menschen mit sozialen und ökonomischen Aspekten konkurriert (ebd.). Zur Schaffung einer Vergleichsbasis, zur psychometrischen Pilotierung und zur Probe eines automatisierten Datenerhebungsverfahrens ist mit Beginn des Schuljahres 2018/19 das Umweltbewusstsein von zunächst 142 Schülerinnen und Schülern der 8. und 9. Jahrgangsstufe (nur Gymnasium) mit einem 40 Items umfassenden Inventar auf der Basis ich-bezogener Handlungsstatements (Kaiser, Oerke, & Bogner, 2007) gemessen worden<sup>1</sup>. Demnach zeigen die ersten Ergebnisse ein mittleres Niveau umweltrelevanten Verhaltens (mit  $M$  als den auf die Testsumme normierten Mittelwert:  $M = 0,49$  und  $SD = 0,13$ ).

Als weitere Indikatoren für ein positives Umweltbewusstsein ist die Bekanntheit und die Beachtung von Siegeln erhoben worden. Bereits bei der Bekanntheit von Umweltsiegeln gibt es große Defizite (z.B. für „Der Blaue Engel“  $M = 0,31$ ). Einfluss auf Konsumentenentscheidungen nehmen Umweltsiegel bei der Stichprobe kaum (z.B. für „Der Blaue Engel“  $M = 0,14$ ).

<sup>1</sup> Eine Erweiterung des Datensatzes unter Einschluss der Klassenstufen 7 und 10 wird angestrebt.

### Literatur

- Baur, T., Schütze, A., & Sauerwald, T. (2015). Optimierung des temperaturzyklischen Betriebs von Halbleitergassensoren. *tm-Technisches Messen*, 82(4), 187-195.
- Gossen, M., Holzhauer, B., Schipperges, M., & Scholl, G. (2015). Umweltbewusstsein in Deutschland 2014 Vertiefungsstudie: Umweltbewusstsein und Umweltverhalten junger Menschen. Umweltbundesamt
- Hirth, M., Kuhn, J., Müller, A., Rohs, M., & Klein, P. (2016). iMobilePhysics: Seamless Learning durch Experimente mit Smartphones & Tablets in Physik. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 11(4), S. 17-37.
- Reimann, P., & Schütze, A. (2013). Sensor arrays, virtual multisensors, data fusion, and gas sensor data evaluation. In *Gas Sensing Fundamentals* (pp. 67-107). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Wong, L. H., & Looi, C. K. (2011). What seams do we remove in mobile-assisted seamless learning? A critical review of the literature. *Computers & Education*, 57(4), S. 2364-2381.
- Kanhere, S. S. (2013). Participatory sensing: Crowdsourcing data from mobile smartphones in urban spaces. In: *International Conference on Distributed Computing and Internet Technology* (pp. 19-26). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kaiser, F. G., Oerke, B., & Bogner, F. X. (2007). Behavior-based environmental attitude: Development of an instrument for adolescents. *Journal of Environmental Psychology*, 27(3), 242-251.

## **Professionalisierung angehender Lehrkräfte für die Digitalisierung im Chemieunterricht**

### **Theoretischer Hintergrund**

Resultierend aus dem Strategiepapier der Kultusministerkonferenz „Bildung in einer digitalen Welt“ (KMK, 2016) wird sowohl das Lernen *über* als auch das Lernen *mit* digitalen Medien deutschlandweit verbindlich. Damit wurde die Konsequenz gezogen, sich der Digitalisierung der Gesellschaft anzupassen. Innovative Informations- und Kommunikationstechnologien haben darüber hinaus insbesondere im Zeitalter der Inklusion großes Potential hinsichtlich Bildung und Partizipation (Bosse, 2012; Meyer, Rose & Gordon, 2014). Diese Rahmenbedingungen führen zu der Herausforderung, die bisher praktizierten unterrichtlichen Methoden des Lehrens und Lernens umzustellen, um digitales Lernen flächendeckend umzusetzen (Becker & Nerdel, 2017). Dennoch fehlt es Lehrkräften an entsprechenden Kompetenzen, um digitale Medien zur Steigerung der Schülerleistungen effektiv einsetzen zu können (Lorenz, Bos, Endberg, Eickelmann, Grafe, Vahrenhold, 2017). Darüber hinaus hängt die Unterrichtsintegration digitaler Werkzeuge entscheidend von sowohl den Einstellungen (Bastian & Aufenanger, 2015) als auch den Selbstwirksamkeitserwartungen (Mishra & Koehler, 2006) der Lehrkräfte ab. Somit bildet insbesondere auch die Qualifikation der Lehrkräfte eine entscheidende Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung der Vorgaben (Mahler & Arnold, 2017). Um sich den mit dem Strategiepapier gesetzten Herausforderungen zu stellen, wird im Zuge dieses Projekts ein Seminar konzipiert und evaluiert, in dem Masterstudierende des Lehramts Chemie Methoden und Mittel für eine erfolgreiche Implementation digitaler Medien im Chemieunterricht kennen lernen sowie eigenständig entwickeln.

### **Forschungsdesign**

Das konzipierte Seminar „Unterrichtsmethoden und Medien für die Digitalisierung im Chemieunterricht“ ist ein für alle Chemielehramtsstudierenden im Masterstudiengang obligatorisch und wird von den Studierenden in dem Praxissemester vorangehenden Semester besucht. Damit kann im jeweils nachfolgenden Praxissemester die unterrichtspraktische Umsetzung der Seminarinhalte evaluiert werden.

### *Forschungsfragen*

Unter Verwendung verschiedener Test- und Auswertungsinstrumente wird das Seminar auf den vier Ebenen *Attraktivität, kognitive Veränderungen, Unterrichtspraktische Umsetzung und Wirkung auf die Lernenden* evaluiert (vgl. Kirkpatrick, 1979; Schmitt, 2016; Schlüter, 2018), wobei auf die folgenden Hauptforschungsfragen fokussiert wird:

- Empfinden die Studierenden das Seminar als attraktiv?
- Führt die Teilnahme an dem Seminar zu einer Veränderung der Einstellung und Selbstwirksamkeit der Studierenden?
- Führt die Teilnahme an dem Seminar zu einer Verbesserung der Fähigkeiten der Studierenden, digital gestützten Chemieunterricht zu planen?
- Setzen die Studierenden nach dem Seminar die Inhalte im Rahmen des Praxissemesters adäquat um?
- Welchen Effekt hat der von den Studierenden geplante und durchgeführte Unterricht auf die Lernenden?

### *Untersuchungsaufbau und ausgewählte Testinstrumente*

In der ersten Seminarsitzung wird erhoben, inwiefern die Studierenden bereits in der Lage sind, Chemieunterricht unter Verwendung digitaler Medien zu planen (hoch-inferentes Kodiermanual, in Arbeit). Ebenso werden die Einstellung (vgl. Davis, 1989; 34 Items, 5-stufige Likert-Skala,  $\alpha = .910$ ), die Selbstwirksamkeit (vgl. Mishra & Koehler, 2006; 31 Items, 5-stufige Likert-Skala,  $\alpha = .968$ ) sowie die Vorerfahrungen der Studierenden im Umgang mit digitalen Medien ermittelt. Danach erfolgt die Intervention, welche aus zwölf Seminarsitzungen besteht. In der letzten Seminarsitzung wird die Wirkung des Seminars auf die Einstellung und Selbstwirksamkeit der Studierenden wie auch die Fähigkeit, Unterricht zum Einsatz digitaler Medien zu planen, erneut erhoben, um die Pre- und Post-Ergebnisse vergleichen zu können. Zusätzlich sollen die Studierenden über einen Attraktivitätstest die Seminarqualität einschätzen (10 Items, 5-stufige Likert-Skala,  $\alpha = .845$  und offener Teil). Im darauffolgenden Praxissemester wird die Umsetzung der im Seminar erlernten Inhalte untersucht. Dazu wird neben Videographie und Analyse des von den Studierenden geplanten und durchgeführten Unterrichts (hoch-inferentes Kodiermanual, in Arbeit) auch die Wirkung auf die Lernenden ermittelt (vgl. Krollpfeifer-Rößler, 2018; 10 Items, 6-stufige Likert-Skala,  $\alpha = .878$ ). Um die langfristige Wirkung des Seminars auf die Einstellung und Selbstwirksamkeit der Studierenden im Umgang mit digitalen Medien zu ermitteln, werden diese zum Abschluss des Praxissemesters ein drittes Mal erhoben.

### *Die Intervention*

In dem konzipierten Seminar werden sowohl allgemeindidaktische als auch chemiedidaktische Themen für eine erfolgreiche Implementation digitaler Medien vermittelt. Es werden schwerpunktmäßig folgende Themen in den Seminarsitzungen behandelt:

- Einführung, Begriffsbestimmung und Pre-Tests
- Rechtliche und pädagogische Rahmenbedingungen
- Unterrichtsorganisation im digitalen Klassenzimmer
- Potentiale digitaler Werkzeuge im Umgang mit Diversität
- Multimediale Unterrichtsmaterialien I
- Multimediale Unterrichtsmaterialien II
- Multimediale Unterrichtsmaterialien III
- Einsatz digitaler Werkzeuge beim Experimentieren
- Gamification und Game-based Learning als Anreizkonzept
- Beurteilung, Diagnostik und Feedback im digitalen Klassenzimmer
- Ideenpool und Unterrichtsplanung
- Potentiale und Grenzen des Lernens mit digitalen Medien
- Post-Tests

Diese Seminarsitzungen sind methodisch so konzipiert, dass die Studierenden neue Inhalte und Informationen zunächst über einen PowerPoint-gestützten Vortrag oder über ein Video erhalten. Um diese Informationen mit der Unterrichtspraxis direkt verknüpfen zu können, wenden die Studierenden die neuen Informationen unmittelbar an den Input anknüpfend an. In dieser Arbeitsphase probieren die Studierenden Programme oder Apps aus oder entwickeln selbstständig verschiedene Unterrichtsmedien.

### **Erste Ergebnisse der Pilotierung**

Die im Rahmen der Pilotierung erhobenen Daten werden auf Basis der Evaluationsebenen *Attraktivität, kognitive Veränderungen, unterrichtspraktische Umsetzung und Wirkung auf die Lernenden* ausgewertet und analysiert. Bisher konnte hinsichtlich der Ebene *Attraktivität* festgestellt werden, dass die Studierenden das Seminar als sehr attraktiv empfinden ( $M = 4.52$ ;  $SD = .39$ ;  $N = 7$ ; von 1 = negativ bis 5 positiv). Darüber hinaus konnte auf Ebene der *kognitiven Veränderungen* ermittelt werden, dass durch die Seminarteilnahme sowohl die



Einstellung ( $M_{pre} = 3.91$ ,  $M_{post} = 4.32$ , von 1 = negativ bis 5 = positiv,  $p < .001$ ,  $d = 2.60$ ,  $N = 7$ ) als auch die Selbstwirksamkeit ( $M_{pre} = 3.05$ ,  $M_{post} = 4.26$ , von 1 = negativ bis 5 = positiv,  $p = .001$ ,  $d = 2.09$ ,  $N = 7$ ) der Studierenden im Umgang mit digitalen Werkzeugen signifikant und mit großer Effektstärke gesteigert werden konnten.

### **Ausblick**

Derzeit wird bezüglich der Ebene der *kognitiven Veränderungen* noch ausgewertet, inwieweit sich durch die Seminarteilnahme die Fähigkeit der Studierenden, Unterricht unter Einsatz digitaler Medien zu planen, ändert. Im weiteren Verlauf der Voruntersuchung werden die *unterrichtspraktische Umsetzung*, die *Wirkung auf die Lernenden* sowie die langfristige Wirkung des Seminars auf die Einstellung und Selbstwirksamkeit der Studierenden im Rahmen des Praxissemesters analysiert. Gleichzeitig werden die Seminarsitzungen wie auch Testinstrumente überarbeitet, um anschließend das überarbeitete Seminar anhand einer größeren Stichprobe ( $N \approx 30$ ) zu evaluieren.

## Literatur

- Bastian, J., & Aufenanger, S. (2015). Medienbezogene Vorstellungen von (angehenden) Lehrpersonen. In M. Schiefner-Rohs, M., C. Gómez Tutor, & C. Menzer (Eds.), *Lehrer. Bildung. Medien. Herausforderungen für die Entwicklung und Gestaltung von Schule*. Hohengehren: Schneider Verlag
- Becker, S. & Nerdel, C. (2017) Gelingensbedingungen für die Implementation digitaler Werkzeuge im Unterricht. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Eds.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung, 36-55
- Bosse, I. (2012). Medienbildung im Zeitalter von Inklusion – eine Einleitung, In I. Bosse (Ed.), *Medienbildung im Zeitalter von Inklusion*. Düsseldorf: Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen, 11-26
- Davis, F., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science* 35 (8), 982-1003
- Kirkpatrick, D. L. & Kirkpatrick, J. D. (1979). Techniques for Evaluating Training Programs. *Training and Development Journal* 33 (6), 78-92
- KMK (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz "Bildung in der digitalen Welt". Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016
- Krollpfeifer-Rößler, L. F. (2018). Digitalisierung im Chemieunterricht. – Erprobung ausgewählter Werkzeuge. Unveröffentlichte Masterarbeit, Technische Universität, Dortmund
- Lorenz, R., Bos, W., Endberg, M., Eickelmann, B., Grafe, S. & Vahrenhold, J. (Hrsg., 2017). *Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017*. Münster: Waxmann
- Mahler, D. & Arnold, J. (2017) Wissen und Motivation von Lehrkräften in Umgang mit digitalen Technologien. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Eds.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung, 264-277
- Meyer, A., Rose, D. H. & Gordon, D. (2014). *Universal design for learning. Theory and practice*. Wakefield MA: Cast Incorporated
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological, pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108 (6), 1017-1054
- Schlüter, A.-K. (2018). Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Unterricht: Studien zum Physik- und Chemieunterricht: Vol. 257. Berlin: Logos
- Schmitt, A.-K (2016). *Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung*. Berlin: logos

## **Digitalisierung im Chemieunterricht**

### **- Entwicklung und Evaluation einer experimentellen digitalen Lernumgebung mit universeller Zugänglichkeit -**

#### **Motivation**

Digitale Medien sind heute in nahezu allen Lebensbereichen angekommen und aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. So spielen Internet, Tablets und Smartphones auch in der Schule eine immer größer werdende Rolle. Ein Lernen mit und über digitale(n) Medien wird damit unerlässlich und im Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ durch die Kultusministerkonferenz explizit gefordert (KMK, 2016).

Neben einer Fülle unterschiedlicher digitaler Werkzeuge finden insbesondere Tablets im Unterricht zunehmend Verwendung. In ihnen wird vor allem im Bereich der weiterführenden Schulen eine wertvolle Ergänzung hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien gesehen. Die große Bandbreite an für die Tablets zur Verfügung stehenden unterschiedlichen Anwendungen (Apps) machen sie zu vielseitig einsetzbaren Lernbegleitern, welche durch ihre einfache und intuitive Bedienung insbesondere auch Kindern und Jugendlichen entgegenkommen (Bastian & Aufenanger, 2017). Darüber hinaus ermöglichen Tablets die Gestaltung digitaler Lernumgebungen, innerhalb welcher die Schülerinnen und Schüler in ihrem eigenen Tempo (Reiners, 2017) und multimodal über unterschiedliche Sinneskanäle (Sieve & Schanze, 2015) lernen können. Damit haben Tablets auch ein großes Potenzial, Schülerinnen und Schüler in zunehmend heterogenen bzw. inklusiven Lerngruppen individualisiert und möglichst umfassend zu fördern (Bosse, 2012; Meyer, Rose & Gordon, 2014; Pola & Haage, 2015). Hinsichtlich der Wirksamkeit digitaler Lernumgebungen erstens im Fachunterricht und zweitens im Kontext einer heterogenen Schülerschaft besteht jedoch aktuell noch Forschungsbedarf (Becker, Klein, Gößling & Kuhn, 2017).

#### **Untersuchungsdesign**

Im Rahmen dieses Projektes wird eine digitale Lernumgebung für die Sekundarstufe I zum Thema Stofftrennung entwickelt und evaluiert. Die Gestaltung der Unterrichtseinheit erfolgt unter Berücksichtigung des aus den USA stammenden Konzepts *Universal Design for Learning* (UDL; Center for Applied Special Technology, 2012), welches ein Modell für das gemeinsame Lernen von Schülerinnen und Schülern mit und ohne Förderbedarf darstellt. Die Intervention zur Evaluation der Lernumgebung wird in Form eines Projekttages, an den jeweiligen Schulen durchgeführt. Ziel der Untersuchung ist es zu ermitteln, welche Wirkungen der Einsatz von Tablets in unterschiedlichen Unterrichtsphasen auf das Lernen von Schülerinnen und Schülern hat.

Innerhalb der Lernumgebung arbeiten die Schülerinnen und Schüler in Einzelarbeit. Der geplante Unterricht lässt sich in die drei Phasen Einstiegs-, Experimentier- sowie Vertiefungsphase unterteilen. In der Einstiegsphase erfolgt ein problemorientierter Aufriss des Themas Stofftrennung durch ein Video. Innerhalb der Experimentierphase führen alle Lernenden eigenständig Experimente zur Stofftrennung durch, in der anschließenden Vertiefungsphase erfolgt eine theoretische Aufarbeitung der durchgeführten Experimente. Für die Untersuchung werden die Lernenden in vier Gruppen (G1 bis 4) eingeteilt, welche

sich dadurch unterscheiden, dass sie in den einzelnen Phasen entweder iPad-basiert oder mit Arbeitsblättern (im Folgenden als analog bezeichnet) arbeiten. Alle Interventionsgruppen erhalten den gleichen iPad-basierten Einstieg, durch den kein Wissen vermittelt wird, sondern der vorrangig eine hinführende und motivierende Funktion hat. Die Gruppen unterscheiden sich wie folgt (siehe Abbildung 1): G1 arbeitet nach dem iPad-gestützten Einstieg in den folgenden beiden Unterrichtsphasen analog weiter. G2 arbeitet nach dem Einstieg in der Experimentierphase iPad-gestützt, in der Vertiefungsphase analog. G3 arbeitet nach dem Einstieg in der Experimentierphase analog, in der abschließenden Vertiefungsphase wiederum iPad-basiert. G4 arbeitet in allen Unterrichtsphasen iPad-gestützt.

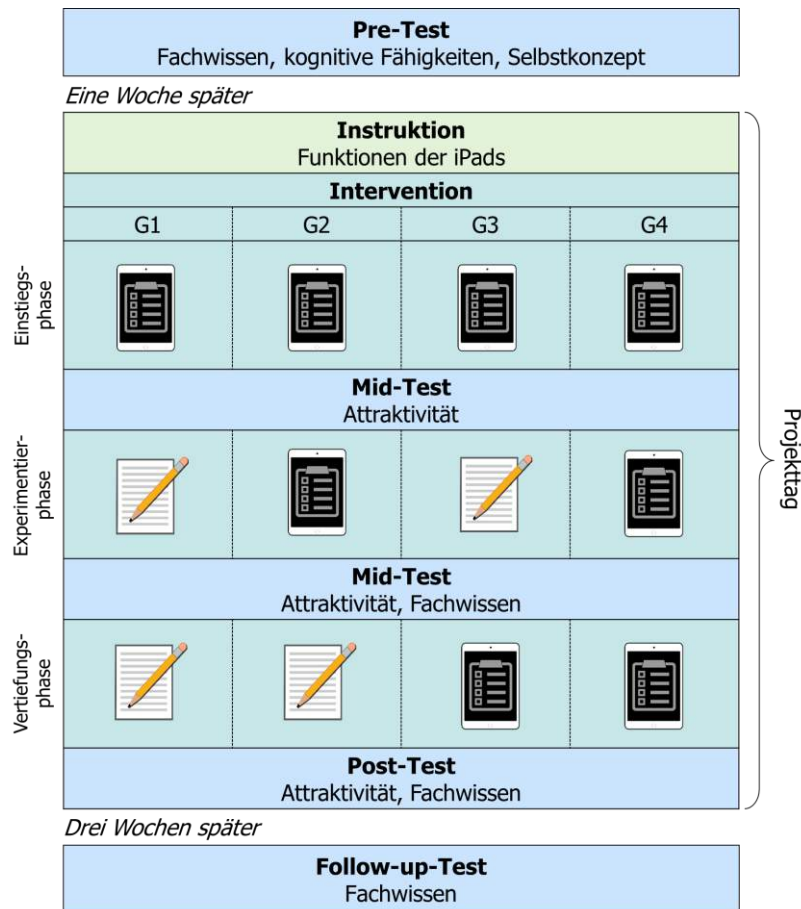


Abbildung 1: Grafische Darstellung des Untersuchungsdesigns.

### **Forschungsinteresse und Instrumente**

Anhand des dargestellten Designs sollen unterschiedliche Zusammenhänge untersucht werden. So ist es zunächst allgemein von Interesse zu ermitteln, inwieweit die Funktionen der iPads von den Schülerinnen und Schülern adäquat genutzt werden und ob sich Unterschiede im Lernverhalten der Lernenden mit den iPads im Vergleich zu den Lernenden mit analogen Unterrichtsmaterialien zeigen. Weiter soll erhoben werden, inwieweit sich die entwickelten Lerneinheiten in den verschiedenen Gruppen zur Steigerung des Fachwissens eignen und ob sich die Lernenden abhängig von der Gruppe hinsichtlich ihres Fachwissenszuwachses unterscheiden. Neben diesem Vergleich der Gruppen soll ebenfalls in den Blick genommen werden, wie effektiv der Einsatz der iPads in den unterschiedlichen Unterrichtsphasen ist. Darüber hinaus wird erhoben, ob die Schülerinnen und Schüler einen digitalen, iPad-basierten Unterricht positiver einschätzen als einen Unterricht mit analogen Arbeitsmaterialien.

Dazu werden verschiedene Untersuchungsinstrumente eingesetzt: Eine Woche vor der Intervention werden im Rahmen der Pre-Testung ein Fachwissenstest zur Erfassung des Vorwissens (Multiple-Choice-Test mit 23 Items), der CFT 20-R (Weiß & Weiß, 2006) zur Bestimmung kognitiver Fähigkeiten sowie ein Fragebogen zur Ermittlung des schulischen Selbstkonzepts in den Fächern Mathematik und Chemie (Rost, Sparfeldt & Schilling, 2007) eingesetzt. Innerhalb der Intervention wird nach den einzelnen Unterrichtsphasen ein Attraktivitätstest in Form eines Einschätzungsbogens genutzt um zu ermitteln, inwiefern die Lernenden die jeweiligen Unterrichtsphasen als ansprechend und motivierend empfunden haben. Gleichzeitig wird nach der Experimentier- und Vertiefungsphase erneut der Fachwissenstest eingesetzt, um bereits hier erste Wirkungen der einzelnen Phasen auf den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler feststellen zu können. Drei Wochen nach der Intervention findet abschließend der Follow-up-Test zur Erfassung der Langzeitwirkungen statt. Über die genannten punktuellen Testungen hinaus werden die individuellen Handlungen der Schülerinnen und Schüler an den iPads mittels Bildschirmaufnahmen sowie das gesamte Unterrichtsgeschehen innerhalb der Klasse mithilfe von Videoaufnahmen erfasst.

### **Weitere Schritte**

Zunächst wird eine Voruntersuchung mit  $N \approx 120$  Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Danach werden erste Analysen der gesammelten Daten vorgenommen. Nach der Überarbeitung und Anpassung aller Materialien und Tests ist die Hauptuntersuchung mit einer Stichprobe von  $N \approx 300$  geplant. Zur Auswertung der Bildschirm- sowie Videoaufnahmen ist die Entwicklung geeigneter Kodiermanuale erforderlich, welche den Umgang der Schülerinnen und Schüler mit den Lernmaterialien fokussieren sollen.

### Literatur

- Bastian, J. & Aufenanger, S. (2017). Einführung: Tableteinsatz in Schule und Unterricht - wo stehen wir? In Bastian, J. & S. Aufenanger (Eds.), *Tablets in Schule und Unterricht. Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien 1-11*. Wiesbaden: Springer VS
- Becker, S., Klein, P., Gößling, A. & Kuhn, J. (2017). Technologie-unterstütztes Lernen im Physikunterricht mittels mobiler Videoanalyse. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Eds.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer*. Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung
- Bosse, I. (2012). *Medienbildung im Zeitalter der Inklusion*. Düsseldorf: Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen
- CAST (2012). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.0*. Wakefield, MA: Author. Online verfügbar unter: <http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines/downloads> (25.09.2018)
- KMK (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz "Bildung in der digitalen Welt". Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung\\_digitale\\_Welt\\_Webversion.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung_digitale_Welt_Webversion.pdf) (25.09.2018)
- Meyer, A., Rose, D.H. & Gordon, D. (2014). *Universal Design for learning: Theory and practice*. Wakefield MA: CAST
- Pola, A. & Haage, A. (2015). Ohne Medien keine Inklusion – Aktive Medienarbeit schafft soziales Miteinander. In: *Praxis Fördern: Zeitschrift für individuelle Förderung und Inklusion*, 2, 4-6
- Reiners (2017). *Chemie vermitteln - Fachdidaktische Grundlagen und Implikation*. Berlin: Springer
- Rost, D. H., Sparfeldt, J. R. & Schilling, S. R. (2007). *DISK-Gitter mit SKSLF-8. Differentielles Schulisches Selbstkonzept-Gitter mit Skala zur Erfassung des Selbstkonzepts schulischer Leistungen und Fähigkeiten*. Göttingen: Hogrefe
- Sieve, B. & Schanze, S. (2015). Lernen im digital organisierten Chemieraum. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 26(145), 2-7
- Weiß, R. H., & Weiß, B. (2006). CFT 20-R mit WS/ZF-R: Grundintelligenztest Skala 2-Revision (CFT 20-R) mit Wortschatztest und Zahlenfolgentest-Revision (WS/ZF-R). Hogrefe

Denise Böhm<sup>1</sup>  
 Christoph Stolzenberger<sup>1</sup>  
 Thomas Trefzger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Würzburg

## Virtual und Augmented Reality in der MINT Lehrerbildung

Ibáñez & Delgado-Kloos (2018) sowie Bacca et al. (2014) verweisen in ihren Metastudien auf positive Effekte bezüglich affektiver sowie kognitiver Prozesse von Schülerinnen und Schülern durch den Einsatz von *Augmented Reality* Applikationen im Bereich der schulischen MINT Bildung. Die Ergebnisse beziehen sich dabei auf spezifische didaktische Konzepte, in welche die Anwendungen eingebettet sind. Die „komplexe Gestaltungsaufgabe“ (Kerres, 2008) dieser Konzepte obliegt im Schulalltag den Lehrkräften, die dadurch entscheidend Einfluss auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern nehmen. Das Professionswissen der unterrichtenden Lehrkraft spielt dabei eine wichtige Rolle.

Aus diesem Grund wird im Rahmen einer qualitativ angelegten Studie das fachspezifische medienpädagogische Professionswissen angehender MINT Lehrkräfte bezogen auf die Technologie *Augmented Reality* untersucht. Dies geschieht im Rahmen eines universitären Seminars, in welchem Studierende des Elitestudiengangs MINT Lehramt plus selbständig Anwendungen entwickeln und diese in ein didaktisches Konzept einbetten (vgl. Beitrag P15, Stolzenberger).

Durch die Untersuchung sollen spezifische Anhaltspunkte herausgearbeitet werden um das Professionswissen von MINT Lehramtsstudierenden im Bereich des Technologieeinsatzes weiter zu stärken und so langfristig einen gewinnbringenden Einsatz der Technologie *Augmented Reality* in der Schule zu ermöglichen.

### Theoretische Fundierung

Zur Analyse des fachspezifischen medienpädagogischen Professionswissens von MINT Lehramtsstudierenden wird das TPACK Modell von Mishra und Koehler (2006) verwendet. Es handelt sich um eine Erweiterung des PCK Modells von Shulman (1986) und umfasst zusätzlich das *Technologische Wissen*. Dadurch ergeben sich insgesamt sieben Komponenten (vgl. Abb.1), die das Professionswissen von Lehrkräften beschreiben.

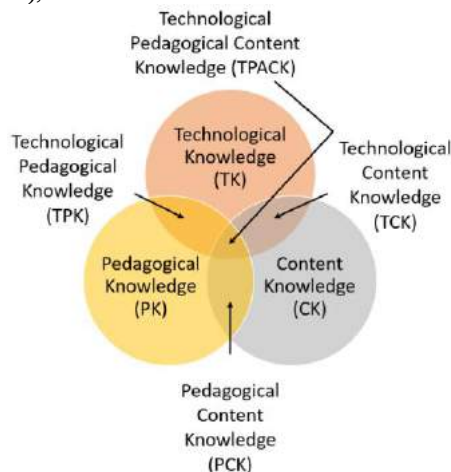


Abb. 1: TPACK Modell nach (Mishra & Koehler, 2006)

Unter dem zentralen *Technological Pedagogical Content Knowledge* verstehen Mishra und Koehler „the basis of good teaching with technology in constructive ways to teach content“ (Mishra & Koehler, 2006).

Um einen ganzheitlichen Bezug der MINT Lehramtsstudierenden zur Technologie *Augmented Reality* abbilden zu können wird zusätzlich zum Professionswissen die Einstellung und die Nutzungsabsicht der Studierenden bezogen auf die Technologie erfasst. Dabei wird sich am TAM Modell von Davis et al. (1989) orientiert, welches die Akzeptanz digitaler Systeme bei Endnutzern beleuchtet (vgl. Abb.2).

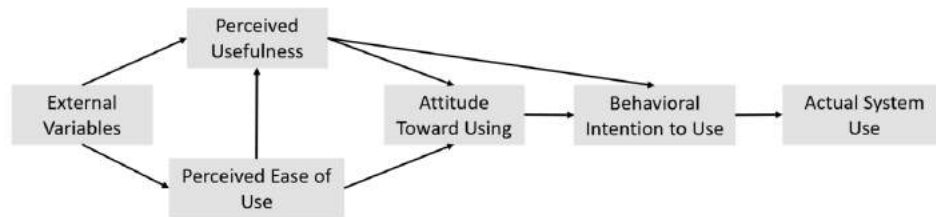


Abb. 2: TAM Modell nach (Davis et al, 1989)

### Forschungsvorhaben

Die Erhebung erfolgt in einem universitären Seminar des Elitestudiengangs MINT Lehramt plus, das sowohl Theorieinput (vgl. hierzu u.a. Blömeke, 2000; Tulodziecki, Grafe & Herzig, 2010) als auch Praxisarbeit der Studierenden beinhaltet. Die didaktischen Konzepte werden von den MINT Lehramtsstudierenden über tägliche Projektbucheinträge festgehalten und reflektiert. Diese Einträge dienen später als Auswertungsmaterial. Zusätzlich beantworten die Seminarteilnehmer Fragen, die sich an den Facetten des TAM Modells orientieren. Daraus ergeben sich zwei Forschungsschwerpunkte:

Der erste Forschungsschwerpunkt liegt auf dem fachspezifischen medienpädagogischen Professionswissen der MINT Lehramtsstudierenden. Dieses wird über die didaktischen Konzepte abgeleitet, indem eine qualitative Einordnung der Aussagen entsprechend einer skalierenden Strukturierung durchgeführt wird. Es stehen folgende Fragen im Mittelpunkt des Interesses:

- Welche Qualität weisen die didaktischen Konzepte der MINT Lehramtsstudierenden auf?
- Welche Rückschlüsse können durch die Qualität der didaktischen Konzepte auf das fachspezifische medienpädagogische Professionswissen der MINT Lehramtsstudierenden gezogen werden?

Der zweite Bereich des Forschungsinteresses beschäftigt sich mit der Akzeptanz der Technologie *Augmented Reality* durch die MINT Lehramtsstudierenden. Folgende Fragen sollen dabei geklärt werden:

- Wie äußern sich MINT Lehramtsstudierende bezüglich der Aspekte des TAM Modells?
- Sind Tendenzen zwischen dem fachspezifischen medienpädagogischen Professionswissen der MINT Lehramtsstudierenden und der Technologieakzeptanz zu erkennen.

Die Analyse dieser Fragen wird mittels einer inhaltlichen Strukturierung basierend auf dem TAM Modell durchgeführt.

### Ergebnisse der Pilotierung

Grundsätzlich hat sich gezeigt, dass MINT Lehramtsstudierende bei entsprechender Anleitung in der Lage sind eigene *Augmented Reality* Anwendungen zu erstellen und abhängig von ihren Vorkenntnissen sinnvolle didaktische Konzepte zu konzipieren.



Bezüglich der didaktischen Konzepte entschieden sich die Studierenden überwiegend für offene Lernumgebungen und bevorzugten eine schülerzentrierte Unterrichtsgestaltung. Die Rolle der Lehrkraft war dabei eher passiv, die eines „Coaches“. Dieses Vorgehen deckt sich mit den Erkenntnissen der SITE-Studie (Schulz-Zander & Preussler, 2005).

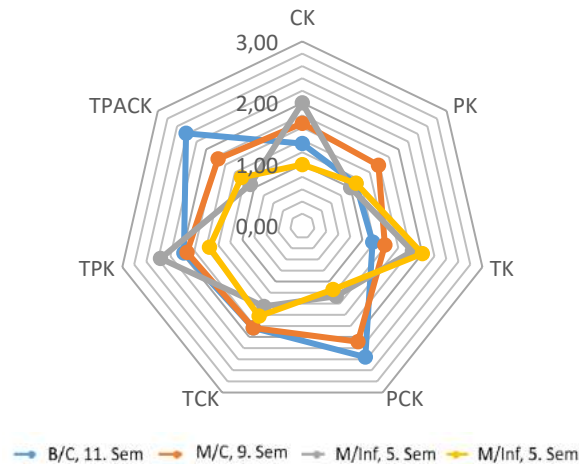


Abb. 3: Ausprägungen des Professionswissens von MINT Lehramtsstudierenden

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse zum Professionswissen von vier Studierenden, die entsprechend des TPACK Modells analysiert wurden, dargestellt. Daran konnten verschiedene Anhaltspunkte herausgearbeitet werden, die im Folgenden näher zu untersuchen sind:

- Das Pädagogische Wissen ist, ebenso wie das medienpädagogische Wissen allgemein wenig ausgeprägt
- Studierende der Informatik weisen – wie zu erwarten war – ein höheres Technologisches Wissen auf; dies scheint für andere technologiebezogenen Komponenten keinen grundsätzlichen Vorteil zu bringen
- Studierende mit höherer Semesterzahl scheinen ein ausgeprägteres PCK zu haben, obwohl die Teilnehmer zum Seminarzeitpunkt alle Veranstaltungen der Fachdidaktik und der Erziehungswissenschaften bereits absolviert haben
- MINT Lehramtsstudierende konnten ihr vorhandenes theoretisches Wissen in den didaktischen Konzepten oftmals nicht korrekt umsetzen

Als positiver Nebeneffekt lässt sich festhalten, dass nach Aussage der MINT Studierenden ihr Professionswissen in den verschiedenen Bereichen durch die Arbeit am Projekt reflektiert und vertieft wurde. Dies bestätigt das Seminarkonzept entsprechend dem von Mishra & Koehler (2005) vorgeschlagenen *Learning By Design* Ansatz.

Bezüglich des zweiten Forschungsinteresses zeigte sich eine grundsätzlich positive Einstellung der MINT Lehramtsstudierenden zur Technologie *Augmented Reality*. Die Nutzungsabsicht im späteren Schuldienst scheint vielversprechend. Studierende äußerten sich wie folgt dazu: „Ich würde so etwas auch gerne mal in einer Unterrichtsstunde einsetzen“ und „ich [bin] mir sicher, dass ich (...) eventuell auch einmal selbst ein kleines Schülerseminar (z.B. P-Seminar) zu AR Anwendung halten könnte.“

Im Rahmen der Hauptstudie sollen die bisher gewonnenen Erkenntnisse erweitert sowie spezifiziert werden.

### Literatur

- Ibáñez, M.B. & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123.
- Bacca, J., et al. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology and Society*, 17(4), 133-149.
- Kerres, M. (2008). Mediendidaktik. In: *Handbuch Medienpädagogik*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Davis, F.D., et al. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982-1003.
- Blömeke, S. (2000). *Medienpädagogische Kompetenz: theoretische und empirische Fundierung eines zentralen Elements der Lehrerbildung*. München: KoPäd-Verlag.
- Tulodziecki, G., Grafe, S., Herzig, B. (2010). *Medienbildung in Schule und Unterricht: Grundlagen und Beispiele*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag.
- Schulz-Zander, R. & Preussler, A. (2005). *Selbstreguliertes und kooperatives Lernen mit digitalen Medien. Jahrbuch Medienpädagogik 4*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Mishra, P. & Koehler, M.J. (2005). Teachers Learning Technology by Design. *Journal of Computing in Teacher Education*, 21(3), 94-102.

Dominik Dorsel  
 Sebastian Staacks  
 Simon Hütz  
 Heidrun Heinke  
 Christoph Stampfer

RWTH Aachen University

## **Smartphone-Experimente für MINT-Fächer mithilfe von externen Sensoren**

### **Ausgangslage**

Smartphone-gestützte Experimente können immer vielfältiger im Unterricht und in der Hochschullehre eingesetzt werden (Staacks, Hütz, Heinke & Stampfer, 2018; Vogt, Klein & Gareis, 2011; Vogt & Kuhn, 2015). Die in Smartphones verbauten Sensoren ermöglichen insbesondere in der Physiklehre, genauer in der Mechanik, eine Vielzahl an Experimenten (Staacks, Hütz, Heinke & Stampfer, 2018; Staacks, Stampfer, Wilhelm & Kuhn, 2017). Um Smartphone-gestützte Experimente in anderen MINT-Fächern zu etablieren, müssen weitere physikalische Größen wie zum Beispiel die Temperatur erfasst werden. Deshalb bietet die App *phyphox* ab der Version 1.1.0 die Möglichkeit externe Sensoren einzubinden.

Die App *phyphox* (physical phone experiments) ist kostenfrei verfügbar für Android und iOS. Sie wurde am II. Physikalischen Institut der RWTH Aachen entwickelt und wird dort auch stetig weiterentwickelt. *phyphox* ermöglicht ein einfaches Auslesen der verfügbaren Sensoren im Smartphone zum Experimentieren. Dabei dient die App nicht nur als einfacher Datenlogger, sondern unterstützt das Experimentieren mit einigen mathematischen Auswertoptionen sowie verschiedenen Experiment-Vorschlägen. Das Spektrum der nutzbaren mathematischen Methoden reicht von einfacher Addition bis hin zu einer Fouriertransformation, die während der Messung auf dem Smartphone durchgeführt werden kann. Mithilfe eines Web-basierten Editors können eigene Experimente angelegt und bereits in der App vorhandene Experimente den eigenen Bedürfnissen angepasst werden. In einigen Experimenten kann das Smartphone bedingt durch den Messaufbau nicht bedienbar sein. Für solche Experimente bietet *phyphox* die Funktion „Fernzugriff“ an. Dieser ermöglicht, die Messung über ein zweites Gerät mit Webbrowser (z. B. Smartphone, Laptop) zu steuern sowie die gemessenen Werte zu überwachen.

Durch die genannten Features ist *phyphox* mittlerweile eine beliebte App (>400.000 Installationen), die in der Lehre an Schulen und Hochschulen eingesetzt wird. Allerdings beschränkt sich der Einsatz aufgrund der im Smartphone vorhandenen Sensoren weitgehend auf die Mechanik.

### **Einbindung externer Sensoren in die Messdatenaufnahme durch *phyphox***

Um *phyphox* auch in anderen Gebieten der Physik oder weiteren MINT-Fächern einzusetzen ist eine Erweiterung der verfügbaren Sensoren zwingend erforderlich. Diese Erweiterung wird über die Schnittstelle Bluetooth Low Energy (BLE) realisiert.

Über die Schnittstelle BLE kann praktisch jeder beliebige Sensortyp genutzt und damit jede physikalische Größe gemessen werden. Im Folgenden werden verschiedene Sensormodule vorgestellt, die mit *phyphox* verwendet werden können. Dazu können die Sensormodule in drei verschiedene Kategorien unterteilt werden: fertige Sensorboxen, Geräte aus dem Alltag und Sensormodule auf Basis eines Mikrocontrollers.

Sensorboxen (Abb. 1) sind eine sehr einfache Möglichkeit zur Erweiterung der verfügbaren Sensoren. Je nach Sensorbox sind verschiedene Sensoren nutzbar. Zum einen sind dies Sensoren, die auch bereits in Smartphones zur Verfügung stehen. Zum anderen sind aber auch neue Sensortypen verbaut wie z. B. ein Temperatursensor beim SensorTag, ein Voltmeter beim BBC micro:bit oder ein Distanzsensor beim PocketLab. Die Sensorboxen sind sehr robust und preiswert. Die genannten Modelle kosten zwischen 20 und 100 € und eignen sich dadurch auch für den Einsatz in Schulen. Zwei der genannten Sensorboxen werden derzeit (Stand Oktober 2018) von der App *phyphox* mit vordefinierten Experimenten unterstützt: der SensorTag von Texas Instruments und das PocketLab von Myriad Sensors.

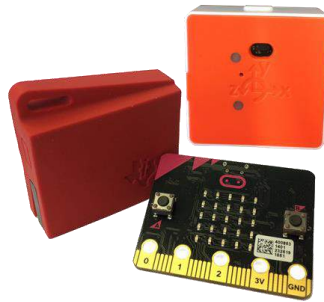


Abb. 1: Drei verschiedene Sensorboxen. Links der SensorTag von Texas Instruments, oben rechts das PocketLab von Myriad Sensors (beide von *phyphox* mit vordefinierten Experimenten unterstützt) und unten rechts der BBC micro:bit.

Die Schnittstelle BLE wird in vielen Alltagsgeräten verwendet, welche teilweise als Sensoren für Smartphone-gestützte Experimente genutzt werden können. Beispielsweise können die weit verbreiteten Fitnesstracker als Sensor zur Messung der Herzfrequenz eingesetzt werden, womit Experimente in der Biologie oder Medizin durchgeführt werden können.

Außerdem eignet sich eine Bluetooth-Maus hervorragend als Distanzsensor. Zusammen mit dem Magnetometer des Smartphones lässt sich so sehr einfach die Abhängigkeit zwischen dem Abstand zu einem Magneten und dessen Magnetfeld messen. Dafür muss lediglich, wie in Abb. 2 zu sehen, ein Magnet an einer BLE Maus befestigt und anschließend bei laufender Messung der Abstand variiert werden.



Abb. 2: Bluetooth Low Energy Maus mit Magnet zur Messung der Abstandsabhängigkeit des Magnetfelds eines Magneten.

Sensormodule auf Basis von Mikrocontrollern bieten die vielfältigsten Experimentiermöglichkeiten. Beispielsweise können Sensoren zur Messung von pH-Wert oder Leitwert genutzt werden, wodurch Experimente in der Biologie oder Chemie ermöglicht werden. Auch spezielle Sensoren aus Glas zur Messung der Temperatur von Säuren und Laugen können über einen Mikrocontroller genutzt werden.

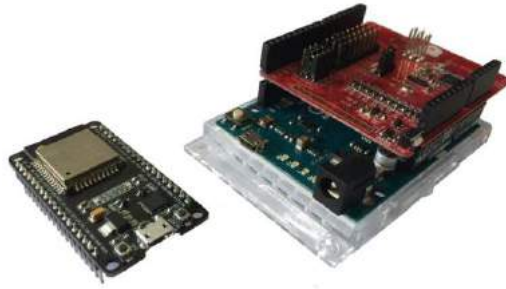


*Abb. 3: Microcontroller wie der ESP32 oder der Arduino mit BLE Shield können eine Vielzahl an Sensoren auslesen und die gemessenen Werte über die BLE Schnittstelle an phyphox übermitteln.*

Verglichen mit Sensorboxen und Alltagsgegenständen sind Sensormodule auf Basis eines Microcontrollers aufwändiger in der Realisierung, erhöhen dafür aber das Verständnis über die Messwertaufnahme (Salinga, Zeus, Hütz, Deußen, Büsch & Heinke, 2018). Zusätzlich erleichtert *phyphox* den Einstieg in die Eigenentwicklung von Sensormodulen, wenn die Nutzer schon mit den mathematischen Methoden und Möglichkeiten zur Visualisierung der Messdaten durch *phyphox* vertraut sind. Weiterhin können *phyphox* Experimente auf dem Mikrocontroller hinterlegt und über die Schnittstelle BLE vor Ort zur Verfügung gestellt werden.

### **Fazit**

Die inzwischen weitverbreitete App *phyphox* für Smartphone-Experimente bietet jetzt auch die Möglichkeit zur Einbindung externer Sensoren in die Messdatenaufnahme. Dies eröffnet eine Vielfalt an neuen Experimentiermöglichkeiten mit Smartphone-Unterstützung, die in allen MINT-Fächern genutzt werden können.

### Literatur

- Vogt, P., Kuhn, J. (2015). Elastische und inelastische Stöße mit den in Smartphones verbauten Beschleunigungssensoren. In: PdN-PhiS 1/64, S. 46-48
- Vogt, P., Kuhn, J., Gareis, S. (2011). Beschleunigungssensoren von Smartphones: Beispieleexperimente zum Einsatz im Physikunterricht. In: PdN-PhiS. 7/60, S. 15-23.
- Salinga, C., Zeus, A., Hütz, S., Deußen, F., Büsch, L., Heinke, H., (2018). Schülerexperimente unter Nutzung eines Arduinos. In: Plus Lucis 1/2018, S. 12-16.
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. In: Physics Education 53, 045009
- Staacks, S., Stampfer, C., Wilhelm, T., Kuhn, J., (2017). Phyphox bringt das Smartphone ins Rollen In: Physik in unserer Zeit. 48 (3), S. 148- 149

## ADAM - Eine digitale Lernumgebung für Scientific Reasoning

Die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung ist für die naturwissenschaftliche Bildung von zentraler Bedeutung (Mayer, 2007). Internationale Vergleichsstudien zeigen, dass sich adaptiver Unterricht motivierend und leistungssteigernd auf Lernende auswirkt (OECD, 2016, S. 12-13). Ebenso gibt die einfachste Form von Feedback Informationen über die Bewältigung einer Aufgabe wieder und kann als Grundlage für eine individuelle Selbstbewertung genutzt werden (Narciss, 2005, S. 33). Ausgehend von diesen Ergebnissen wurde in der folgenden Studie eine adaptive Lernumgebung, die tutorielles Feedback gibt und mit deren Hilfe die naturwissenschaftliche Denkweise abgebildet werden kann, entwickelt und erprobt.

### Theoretischer Hintergrund

*Adaptivität.* Im pädagogischen Kontext hängt der Grad der Adaptivität in einem Lehrsystem davon ab, inwieweit dieses in der Lage ist den Unterstützungsbedarf der Lernenden zu diagnostizieren und das Ergebnis der Diagnose in eine geeignete Lehrtätigkeit umzusetzen (Leutner, 2011, S. 117-118). Dabei werden die passiven, aktiven und intelligenten Formen von Adaptivität unterschieden (Fischer, 2013). So liegt passive Adaptivität vor, wenn Lernende aus einem Pool von Aufgaben selbstständig die zu bearbeiteten Aufgaben auswählen können. Die aktive Form ist durch eine Auswahl der Lernumgebung durch das System auf der Basis eines Vortests gekennzeichnet. Im Fall der intelligenten Adaptivität wird unter lernpsychologischen und persönlichen Gesichtspunkten durch eine Laufzeitmodellierung ein Profil angelegt, auf dessen Basis der Weg durch die Lernumgebung bestimmt wird.

*Erkenntnisgewinnung.* Die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung kann mit Hilfe des Rahmenmodells der naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden (Inquiry methods) dargestellt werden (Mayer, 2007). Zunächst wird zwischen Standards und den Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung unterteilt (Mayer, 2007). Bei den Standards der Erkenntnisgewinnung handelt es sich um die Dimensionen Nature of Science, Scientific Inquiry und Practical Work. Die Dimensionen werden durch die Kompetenzkonstrukte operationalisiert. Zu den Kompetenzkonstrukten zählen Epistemological Views, Scientific Reasoning und Practical Skills. Da in der beschriebenen Untersuchung der Fokus u.a. auf dem Konstrukt Scientific Reasoning liegt, wird nur dieses hier erläutert. Scientific Reasoning repräsentiert die naturwissenschaftliche Denkweise, welche nötig ist, um ein wissenschaftliches Experiment durchzuführen (Mayer, 2007).

*Experiment und Experimentierprozess.* Das Experiment hat in den Naturwissenschaften eine zentrale Bedeutung. Der beschriebenen Studie liegt das Modell zur Beschreibung des Experimentierprozess zugrunde (Kambach, 2018). Demnach enthält ein Experimentierprozess die Phasen Phänomen / Problem, Frage, Hypothese, Planung, Durchführung, Auswertung und Kommunikation / Anwendung (Kambach, 2018, S. 31).

*Feedback.* Unter Feedback werden Informationen verstanden, die den Lernenden nach der Bearbeitung von Lernaufgaben angeboten werden, damit er in der aktuellen und auch in zukünftigen Lernsituationen eine korrekte Lösung der Aufgaben erreichen kann (Narciss, 2005, S. 18). Dabei können einfachere und elaboriertere Formen unterschieden werden (Narciss, 2005). Zu den einfacheren Formen gehören Knowledge of Result/ Response,

Knowledge of Performance und Knowledge of Correct Result. Im Gegensatz dazu sind die Feedback-Formen Knowledge of Task Constraints, Knowledge about Concepts, Knowledge about Mistakes, Knowledge on How to Proceed und Knowledge on Meta-cognition den elaborierten Formen von Feedback zuzuordnen (Narciss, 2005).

### Fragestellung

In der Studie wird der Frage auf den Grund gegangen, wie sich das adaptive, durch Feedback begleitete Erlernen von Scientific Reasoning auf die Motivation, Nature of Science und die kognitive Verarbeitungskapazität auswirkt. Dabei wird vermutet, dass Leistungen in Scientific Reasoning positiv mit den Konzepten von Nature of Science, Motivation und der kognitiven Verarbeitungskapazität korrelieren.

### Methode

*Design der Erhebung.* Um die Hypothese zu prüfen, wurden eine adaptive, digitale Lernumgebung und ein Fragebogen erstellt. Letzterer wurde aufgrund seines Umfangs in zwei Teile geteilt. Zu Beginn der Erhebung bearbeiteten alle Lernenden den ersten Teil des Fragebogens (Abb. 1). Im Anschluss daran nutzen die Lernenden die digitale Lernumgebung, in der sie zunächst den Test auf Vorwissen und anschließend den Experimentierprozess durchlaufen. Zuletzt füllen die Lernenden den zweiten Teil des Fragebogens aus (Abb. 1).

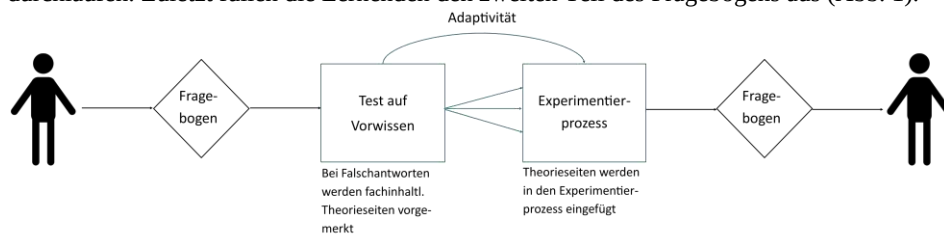


Abb.1: Design der Erhebung.

*Adaptive, digitale Lernumgebung.* Im Zuge der Studie wurde ein adaptiver, digitaler, allwissender Mentor (ADAM) zum Thema „Saurer Regen“ entwickelt, welches im Themengebiet Säuren und Laugen in der 8. und 9. Klassenstufe an Gymnasien in Berlin (SenBJF, 2015, S. 39) verortet werden kann ( $n = 31$ ). Die Lernumgebung wird in zwei Teile, einem Vorwissenstest und dem Experimentierprozess, untergliedert. Innerhalb des Vorwissenstests werden den Lernenden Fragen zu den Themengebieten saurer Regen, Löslichkeit von Gasen in Wasser, Säuren- und Basendefinitionen nach Brönstedt, starke und schwache Säuren und Basen, Kalk, Salzbildung und zu dem Nachweis von Kohlenstoffdioxid gestellt (Abb. 2).

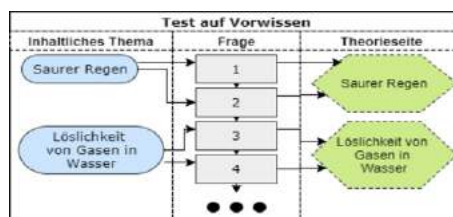


Abb. 2: Exemplarischer Aufbau des Tests auf Vorwissen.

Im Experimentierprozess durchlaufen Lernende die Phasen des Prozesses (Kambach, 2018). Dabei werden die Antwortalternativen bei allen Aufgaben als Multiple Choice präsentiert, wobei immer nur eine Antwort pro Aufgabe korrekt ist. Im Experimentierprozess können die Lernenden zu jeder Aufgabe eine Informationsseite auswählen, auf der in der Feedbackform



von Knowledge of Meta-cognition (Narciss, 2006) Hinweise auf metakognitive Strategien in Bezug auf die jeweilige Aufgabe zu finden sind. Nachdem sich der Lernende für eine Antwortalternative entschieden hat, erscheint ein Feedback der Feedbackform Knowledge of Result (Narciss, 2006). Bei einer Falschantwort wird an dieser Stelle zudem eine elaborierte Feedbackform angezeigt. Hat der Lernende im Test auf Vorwissen falsche Antwortmöglichkeiten ausgewählt, so werden im Experimentierprozess die dazugehörigen Theoriseiten mit fachinhaltlichen Informationen an der Stelle angezeigt, an denen der Lernende die präsentierten Inhalte zur Bearbeitung der Aufgaben benötigt.

*Fragebogen.* Im ersten Teil des Fragebogens bearbeiten Lernende Items der kognitiven Verarbeitungskapazität (im kognitiven Fähigkeitstest KFT), Motivation in den Naturwissenschaften, Scientific Reasoning, Nature of Science und des vorherrschenden Leistungsmotivs. Im zweiten Teil des Fragebogens werden ausschließlich Aspekte der Lernumgebung, wie die Verständlichkeit der Aufgaben, die Adaptivität, der zeitliche Bearbeitungsaufwand und die visuelle Gestaltung der Lernumgebung erfragt. Es wird davon ausgegangen, dass die Ergebnisse der Individuen in der Stichprobe im Bezug auf Scientific Reasoning heterogen ausfallen. Darum wird zwischen einer Ausprägung von Scientific Reasoning = 100 % (Gruppe H) und einer Ausprägung des Konstruktes von < 100 % unterschieden (Gruppe N)

### Ergebnisse

Aufgrund der geringen Stichprobengröße und Auswahl, wird auf weiterführende statistische Vergleiche verzichtet.

*Zeit im Programm.* Gruppe H benötigte 25,2 % mehr Zeit, um die Lernumgebung zu durchlaufen, als Gruppe N. Besonders in den Phasen Fragestellung, Planung, Auswertung und Kommunikation benötigte Gruppe H mehr Zeit als Gruppe N.

*Hilfestellungen.* Dahingegen nehmen Probanden der Gruppe N 31% mehr Hilfestellungen in Anspruch. Besonders in den Phasen Phänomen, Hypothese und Auswertung benötigen Probanden in der Gruppe N mehr Hilfestellungen als Gruppe H.

*Kovariablen.* Gruppe H hat im Vergleich zu Gruppe N eine um 6% niedrigere Ausprägung der Motivation in den Naturwissenschaften. Jedoch ist die kognitive Verarbeitungskapazität um 12 % und Nature of Science um 8 % in Gruppe H ausgeprägter, als in Gruppe N (Abb. 3).

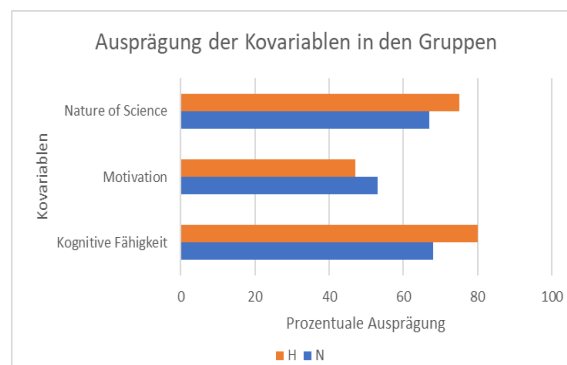


Abb. 3: Vergleich der Ausprägungen der Kovariablen in den Gruppen.

Somit kann die Hypothese durch die gesammelten Daten teilweise gestützt werden. Leistungen im Bereich von Scientific Reasoning korrelieren positiv mit der kognitiven Verarbeitungsfähigkeit und mit Nature of Science. Jedoch existiert eine negative Korrelation zwischen Scientific Reasoning und der Motivation in den Naturwissenschaften.

### Literatur

- Barke, H.-D., Harsch, G. (2001). *Chemiedidaktik heute – Lernprozesse in Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag
- Fischer, C. (Hrsg.) (2013). *Schule und Unterricht adaptiv gestalten: Fördermöglichkeiten für benachteiligte Kinder und Jugendliche*. Münster: Waxmann;
- Kambach, M. (2018). *Experimentierprozesse von Lehramtsstudierenden der Biologie – eine Videostudie*. Berlin: Logos Verlag
- Leutner, D. (2011). Adaptivität und Adaptierbarkeit beim Online-Lernen. In: Klimsa, P., Issing, L. (Hrsg.) *Online-Lernen*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, S. 115-124
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als naturwissenschaftliches Problemlösen. In: Krüger, D., Vogt, H. (Hrsg.), *Theorien der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag
- Narciss, S. (2006). *Informatives tutorielles Feedback*. Abgerufen von: [http://linus.psych.tu-dresden.de/narciss/feedback/Narciss\\_HABIL\\_ITF2005.pdf](http://linus.psych.tu-dresden.de/narciss/feedback/Narciss_HABIL_ITF2005.pdf); letzter Zugriff: 5.10.18 16:00
- OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development (Hrsg.). (2016). *Ergebnisse im Fokus PISA 2015*. Abgerufen von: [https://www.oecd.org/berlin/themen/pisa-studie/PISA\\_2015\\_Zusammenfassung.pdf](https://www.oecd.org/berlin/themen/pisa-studie/PISA_2015_Zusammenfassung.pdf); letzter Zugriff: 7.8.18 16:00
- SenBJF— Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin (2015). *Rahmenlehrplan 7-10 Chemie Teil C*. Abgerufen von: [http://bildungsserver.berlinbrandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche\\_Fassung/ Teil\\_C\\_Chemie\\_2015\\_11\\_10\\_WEB.pdf](http://bildungsserver.berlinbrandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/ Teil_C_Chemie_2015_11_10_WEB.pdf); letzter Zugriff: 7.8.18 18:00

Ute Carina Müller<sup>1</sup>  
 Daniel Sitzmann<sup>1</sup>  
 Stefan Zimmermann<sup>1</sup>  
 Florian Hieke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MINTFIT (Universität Hamburg)

## MINTFIT Hamburg: Onlineangebote zur Vorbereitung auf ein MINT- Studium

### Abstract

In den Themenbereichen Mathematik und Physik bietet das Verbundprojekt MINTFIT Hamburg kostenlos nutzbare, webbasierte E-Learning-Angebote für Schüler/innen und Studieninteressierte an. Orientierungstests zur Selbsteinschätzung des eigenen Kenntnisstands liefern individuelle Lernempfehlungen für die effektive Nutzung der zugehörigen Onlinekurse zum Auffrischen und Festigen von Schulwissen. Damit können orts- und zeitunabhängig mögliche Hürden bereits vor Beginn eines MINT-Studiums abgebaut werden. Das Konzept wird exemplarisch für das Fach Physik mit besonderem Fokus auf der Entwicklung des Selbsteinschätzungstests dargestellt.



Abb. 1: MINTFIT  
Logo

### Motivation

Fehlende Vorkenntnisse sind ein häufig genannter Grund für den Studienabbruch in MINT-Studiengängen an deutschen Universitäten und Hochschulen (Heublein et al., 2017). Um diesem Problem entgegen zu wirken, haben sich die staatlichen Hamburger Hochschulen (Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, HafenCity Universität Hamburg, Universität Hamburg, Technische Universität Hamburg und das Universitätsklinikum Eppendorf) gemeinsam mit der Behörde für Wissenschaft, Forschung und Gleichstellung im Jahr 2014 im Projekt MINTFIT<sup>1</sup> zusammengeschlossen: Kostenlose und frei verfügbare Onlineangebote für die mathematisch naturwissenschaftlichen Grundlagenfächer sollen die Voraussetzungen für ein erfolgreiches MINT-Studium verbessern.

Für das Fach Mathematik steht das Angebot bereits seit 2014 zur Verfügung (Barbas & Schramm, 2018). In 2018 kommen die Inhalte für Physik hinzu. Bis Ende 2020 sollen die Fächer Chemie und Informatik folgen.

### Grundkonzept

Das MINTFIT-Onlineangebot setzt sich für jedes Fach aus den Komponenten Selbsteinschätzungstest, Testauswertung und E-Learning-Angebot zusammen (siehe Abb. 2). Der Selbsteinschätzungstest, der zum Einstieg bearbeitet wird, dient der Analyse des Kenntnisstandes. Die anschließende Testauswertung umfasst drei Aspekte:

- Das Testergebnis gibt eine direkte Rückmeldung, wie viele Aufgaben richtig beantwortet wurden.
- Detaillierte Musterlösungen zu jeder Aufgabe ermöglichen eine Selbstüberprüfung und Fehleranalyse für den Testteilnehmer.
- Die Schnittstelle zu den angeschlossenen Onlinekursen stellt den dritten Teil der Testauswertung dar: Individuelle Lernempfehlungen zeigen diejenigen Kapitel in den zugehörigen E-Learning-Kursen an, die die Testteilnehmer zum vertiefenden Lernen bearbeiten sollten, um die gefundenen Wissenslücken zu schließen.

<sup>1</sup> [www.mintfit.hamburg](http://www.mintfit.hamburg)

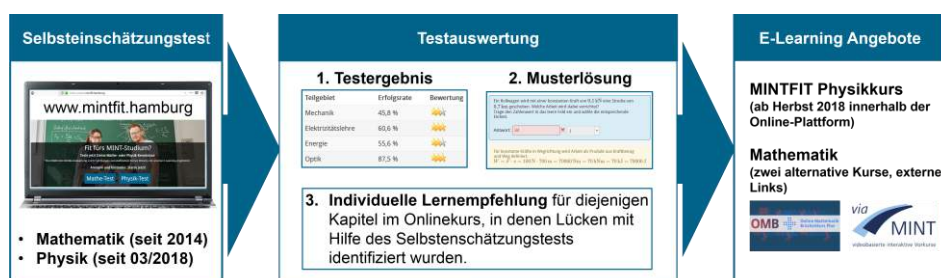


Abb. 2: Grundkonzept des Onlineangebots bestehend aus Selbsteinschätzungstest, 3-teiliger Testauswertung und E-Learning-Angeboten

Für das E-Learning-Angebot stehen in Mathematik mit dem OMB<sup>2</sup>-Kurs und viaMINT<sup>3</sup> zwei externe Kurse zur Verfügung. Für Physik wird ein auf der eigenen Plattform integrierter Kurs entwickelt. Die Inhalte dieses Kurses werden im Rahmen eines nationalen (in Gründung befindlichen) Konsortiums (Partner sind hierbei das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), die RWTH Aachen und andere) entwickelt und anschließend dem Aufbau des MINTFIT Physik-Selbsteinschätzungstests angepasst.

Die Inhalte für Physik orientieren sich hierbei an den Hamburger Bildungsplänen<sup>4</sup> für die Sekundarstufe I und wurden mit den Ergebnissen der DPG-Studie „Physik in der Schule“<sup>5</sup> abgeglichen. Die Darstellung sowie die Methoden, insbesondere die mathematischen Methoden (z.B. Vektordarstellung oder Integralrechnung), gehen über das Niveau der Mittelstufe hinaus und bereiten dadurch ein MINT-Studium gezielt vor. Die gewählten Themenfelder sind Mechanik, Elektrizitätslehre, Energie und Optik.

### Entwicklung des Physik-Selbsteinschätzungstests

Um eine gewünschte Testdauer von ca. 60 Minuten einhalten zu können, mussten von den ursprünglich ca. 200 entwickelten Fragen 40 Fragen ausgewählt werden. Hierzu wurden im Wintersemester 17/18 in einer Pilotstudie alle Fragen einem Pretest mit ca. 350 Erstsemester-Studierenden an der TU Hamburg und der Universität Hamburg unterzogen. Die Fragen wurden hierfür auf 8 Tests (Testhefte) aufgeteilt, wobei 12 sog. Ankerfragen (3 Fragen aus jedem Themegebiet) in allen Tests vertreten waren. Im Anschluss erfolgte eine psychometrische Analyse der Fragen (Items) in einer IRT-Analyse auf Basis des Raschmodells (Rasch, 1960; Rost, 2004), in dem sich die Diskrimination oder Trennschärfe (d.h. die Steigung der logistischen Lösungsfunktion) zwischen den Fragen nicht unterscheidet, jedoch die Schwierigkeit jeder Frage (Fragenschwierigkeit) bestimmt werden kann. Als Maß für die sog. Personenfähigkeit eines Testteilnehmers wird das Testergebnis, d.h. der Anteil an richtig beantworteten Fragen verwendet. Die Fragenschwierigkeit ergibt sich dann als die Lösungswahrscheinlichkeit für eine einzelne Frage für einen typischen Testteilnehmer mit dem Testergebnis 50 % richtige Antworten. Wichtige Kriterien für eine erste Fragenauswahl (Itemauswahl) waren einerseits der Itemfit, d.h. die empirische Passung zum Raschmodell, andererseits die angemessene Verteilung der Fragenschwierigkeiten entlang des Spektrums der Personenfähigkeit der Testteilnehmer. Der finale Test setzt sich aus 12 Fragen aus dem

<sup>2</sup> <https://www.ombplus.de>

<sup>3</sup> <https://viamint.haw-hamburg.de>

<sup>4</sup> Gymnasium: <https://www.hamburg.de/contentblob/2373266/f190388289579ec2aa1e7071b38aeb10/data/physik-gym-seki.pdf>;  
 Stadteilschule: <https://www.hamburg.de/contentblob/4327802/51ef529c4cbf855be50a28345cf9fb95/data/physik-sts-2014-06-10-web.pdf>

<sup>5</sup> <http://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/broschueren/studien.html>

Bereich der Mechanik, 11 Fragen zur Elektrizitätslehre, 9 Fragen zur Energie und 8 Optikfragen zusammen. Die Gewichtung der Themengebiete im Test war im Vorfeld anhand des Themenkatalogs festgelegt worden.

### **Erste Ergebnisse**

In den ersten 7 Monaten nach der Veröffentlichung des Selbsteinschätzungstests von März bis September 2018 haben etwa 850 Nutzer den Test besucht, von denen ca. 250 den Test tatsächlich bearbeitet haben. Das mittlere Testergebnis liegt bei 50% und entspricht dem gewünschten Resultat. Dies spiegelt auch die Einschätzung der Testteilnehmer wieder, die dem Test einen mittleren Schwierigkeitsgrad zuordnen. Außerdem werden die Musterlösungen als hilfreich bewertet. Die Passgenauigkeit der Lernempfehlungen kann noch nicht untersucht werden, da der Onlinekurs noch nicht zur Verfügung steht.

Bei genauerer Untersuchung der Testresultate zeigt sich, dass, obwohl die Gesamtdauer für den Test bei nur ca. 60 Minuten liegt, viele Testteilnehmer nicht alle Themengebiete bearbeitet haben. Führt man gleichzeitig das Kriterium „ernsthafte Bearbeitung“ ein, indem eine Bearbeitungsdauer von mindestens 10 Minuten gefordert wird, so verschiebt sich das mittlere Testergebnis auf ca. 75% richtige Antworten bei etwa 180 Testergebnissen. Obwohl einige Fragen absichtlich sehr einfach gewählt wurden, um die Hemmschwelle zur Bearbeitung möglichst niedrig zu halten, ist eine Testüberarbeitung nötig, um eine möglichst gute Diagnosegenauigkeit zu erreichen. In der Pilotstudie hat die Aufteilung der Fragen (des sog. Itempools) auf acht sich überschneidende Testhefte dazu geführt, dass die Stichprobengröße bzgl. der einzelnen Testaufgaben verhältnismäßig klein war, weshalb das parametersparsame Rasch-Modell eingesetzt wurde. Bei Ausschluss der Testteilnehmenden mit kurzer Bearbeitungszeit ist die Stichprobengröße der Onlineerhebung immer noch groß genug, so dass hier die Passung zum 2PL-Modell empirisch überprüft werden kann. Somit kann für jede einzelne Aufgabe neben der Fragenschwierigkeit auch ihre Diskrimination geschätzt werden kann (Embretson & Reise, 2000). Dies ermöglicht eine verbesserte Beurteilung der Fragenqualität, so dass die Auswahl der Fragen entsprechend verändert werden kann.

### **Ausblick**

Neben der Weiterentwicklung des Selbsteinschätzungstests Physik durch die zuvor beschriebene Fragenanpassung und die Fertigstellung des Onlinekurses Physik im Herbst 2018, sind für die 3. Projektphase des Projekts MINTFIT bis Ende 2020 weitere inhaltliche und methodische Entwicklungen geplant.

Inhaltlich wird das Onlineangebot um die Fächer Chemie und Informatik erweitert. Außerdem ist neben der Webnutzung die Entwicklung einer App für mobile Endgeräte vorgesehen, um das Angebot dem Nutzungsverhalten der Zielgruppe anzupassen.

Methodisch sind Entwicklungen für den Selbsteinschätzungstest vorgesehen. Besonders interessant scheint hierbei ein adaptiver Ansatz, der für jeden Testteilnehmer die Auswahl und die Reihenfolge der Fragen anhand der zuletzt geschätzten Personenfähigkeit bestimmt. Die Entscheidung, welche Frage als nächstes bearbeitet werden soll, fällt, je nachdem, ob die vorherige Frage richtig oder falsch beantwortet wurde, unterschiedlich aus. Ziel ist eine kürzere Testbearbeitungsdauer bei gleichzeitig steigender Diagnosegenauigkeit (Thompson & Weiss, 2011).

Zudem ist die Ausweitung des Blended-Learning-Ansatzes auf das Fach Physik geplant. Hierbei sollen Präsenzveranstaltungen realisiert werden, die analog zu den bei MINTFIT Mathematik bestehenden Mathe-Trainings und Camps gestaltet sind. Eine spätere Erweiterung auf Chemie und Informatik ist in Diskussion.

## Literatur

- Barbas, H. & Schramm, T. (vrs. 2018). The Hamburg Online Math Test MINTFIT for Prospective Students of STEM Degree Programs. MSOR Connections, zur Veröffentlichung angenommen.
- Embretson, S. & Reise, S. (2000): Item response theory for psychologists. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., Woisch, A. (2017). Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. (Forum Hochschule 1|2017). Hannover: DZHW.
- Rasch, G. (1960). Probabilistic models for some intelligence and attainment tests. Danish Institute for Educational Research, Copenhagen 1960, expanded edition with foreword and afterword by B.D. Wright. The University of Chicago Press, Chicago 1980.
- Rost, J. (2004): Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion. Bern: Huber.
- Thompson, N. A. & Weiss, D. J. (2011). A Framework for the development of computerized adaptive tests, Practical Assessment, Research & Evaluation, 16 (1).

Verena Kasten  
Katharina Fricke  
Maria Todorova  
Anna Windt

Universität Münster

## Mit Tablets Fachwissen im Sachunterricht fördern

### Ausgangslage

Seit der Veröffentlichung des Strategiepapiers „Bildung in der digitalen Welt“ (Kultusministerkonferenz, 2016) soll im Rahmen des regulären Unterrichts in allen Fächern zusätzlich computer- und informationsbezogene Kompetenz (CIK)<sup>1</sup> gefördert werden. Da die Vermittlung integrativ erfolgen soll, d.h. keine zusätzliche Unterrichtszeit vorgesehen ist, müssen Fachwissen und CIK auch im Fach Sachunterricht gleichermaßen gefördert werden. Dazu können digitale Medien, bspw. Tablets, eingesetzt werden (Eickelmann, Bos & Gerick, 2015; Reinmann & Häuptle, 2006), die auch neue didaktische Möglichkeiten z.B. für die Visualisierung von Lernergebnissen (Schirra & Peschel, 2016) und daher auch für die Vermittlung von Fachwissen bieten. Allerdings ist die empirische Erkenntnislage bzgl. wirksamer Unterrichtskonzepte, die sowohl Fachwissen als auch CIK fördern, bislang noch unzureichend (Aufenanger, 2017; Gerick & Eickelmann, 2017). Darüber hinaus sind auch die Befunde hinsichtlich der Wirkungen des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht auf die Entwicklung von Fachwissen sehr heterogen (Eickelmann, 2016). Eine mögliche Erklärung für diese heterogene Befundlage könnte die Gefahr des Cognitive Overloads sein, welcher durch den Einsatz digitaler Medien im Unterricht entstehen und auf diese Weise das Lernen beeinflussen könnte (Irion, 2010).

### Fragestellung und Hypothesen

Da bislang keine empirisch evaluierten Unterrichtskonzepte für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht existieren, die nach Vorgabe der KMK (2016) sowohl CIK als auch Fachwissen integrativ fördern, wird in der vorliegenden Studie ein entsprechendes Unterrichtskonzept zum Thema *Verdunstung und Kondensation* entwickelt und evaluiert. Dabei wird u.a. untersucht, ob Unterschiede im Fachwissenszuwachs von Viertklässlern im entwickelten Unterricht abhängig vom Tableteinsatz bestehen. Hinsichtlich des Tableteinsatzes wird zwischen drei Gruppen unterschieden: Neben der Gruppe, die kein Tablet im Unterricht verwendet (KG) unterscheiden sich zwei weitere Gruppen hinsichtlich der Länge der Intervention. Eine Experimentalgruppe (EG 1) bekommt vor dem Unterricht zum Thema *Verdunstung und Kondensation* noch eine 90-minütige technische Einführung, die bei einer anderen Experimentalgruppe (EG 2) gemäß der KMK-Forderung in den Unterricht integriert wird.

Da der Cognitive Load sich durch den Einsatz des Tablets erhöhen kann (Irion, 2010) und anzunehmen ist, dass das Arbeitsgedächtnis in der integrativ gestalteten Intervention (EG 2) noch zusätzlich belastet ist, wird erwartet (H1), dass die EG 1 der EG 2 hinsichtlich des Lernzuwachses überlegen sein wird.

Zum anderen wird erwartet (H2), dass auch eine Gruppe ohne Tableteinsatz (KG) einen höheren Lernzuwachs erzielen wird als eine integrativ unterrichtete Gruppe (EG 2).

<sup>1</sup> Der Begriff *computer- und informationsbezogene Kompetenz* wird aus ICILS (Bos et al., 2014) übernommen, da er gegenüber anderer Begriffe – wie z.B. Kompetenzen in der digitalen Welt, Medienkompetenz, Digitaler Kompetenz – auf einem empirisch evaluierten Kompetenzmodell basiert.

### **Methode und Design**

Zur Beantwortung der Fragestellung wurde eine quasi-experimentelle Interventionsstudie im Prä-Post-Kontrollgruppendesign durchgeführt. Zwei geschulte Lehrkräfte aus NRW unterrichteten jeweils alle drei Gruppen an zwei Schulen ( $N = 104$  Viertklässler/innen).

Der Unterricht zum Thema *Verdunstung und Kondensation* umfasste in der EG 2 ( $n = 32$ ) und der KG ( $n = 37$ ) fünf Doppelstunden, die EG 1 ( $n = 35$ ) erhielt eine zusätzliche Doppelstunde, in der eine technische Einführung vor dem Unterricht stattfand. Der Unterricht der EG 2 begann ebenfalls mit einer technischen Einführung, diese war jedoch in den Unterricht integriert. In beiden Experimentalgruppen erlernten die Schülerinnen und Schüler im Rahmen der technischen Einführung grundlegende Funktionsweisen des im Unterricht verwendeten Tablets. Im weiteren Verlauf des Unterrichts wurde ein digitales Forscherheft auf dem Tablet erstellt, in dem alle durchgeführten Experimente dokumentiert wurden. Die Kontrollgruppe erstellte stattdessen ein analoges Forscherheft in einem ansonsten inhaltsidentischen Unterricht.

Das Fachwissen wurde durch einen Paper-Pencil-Test (adapt. nach Pollmeier, 2015) als Gruppentestung erfasst. Bei den Aufgaben mussten die Schülerinnen und Schüler 27 Aufgaben im forced-choice, multiple-choice- oder multiple-select-Format beantworten. Die interne Konsistenz war zu den beiden Messzeitpunkten prä und post akzeptabel mit Cronbachs Alpha prä = .67 und Cronbachs Alpha post = .74. Zusätzlich wurden die häusliche Tabletnutzung, der sozioökonomische Hintergrund, das Interesse an Sachunterricht sowie das Interesse an dem entwickelten Unterricht als Kontrollvariablen erhoben.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Ergebnisse einer ANOVA mit Messwiederholung konnten die Annahme (H1) bekräftigen, dass eine Gruppe mit zusätzlicher Zeit für eine technische Einführung (EG 1) der Gruppe mit integrierter technischer Einführung (EG2) hinsichtlich des Fachwissenszuwachses überlegen ist. Die Hypothese (H2), dass die analog unterrichtete Gruppe (KG) ebenfalls mehr Fachwissen als die integrativ unterrichtete Gruppe (EG 2) erwirbt, konnte dahingegen nicht bestätigt werden. Obwohl die KG signifikant über die Zeit dazulernt, unterscheidet sich der Fachwissenszuwachs nicht zwischen den beiden Gruppen (siehe Abb. 1).

Zur Prüfung der Wirksamkeit des Unterrichts pro Gruppe wurden die Testergebnisse einer univariaten Varianzanalyse unterzogen: Sowohl die EG 1 als auch die KG lernen vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt dazu. Die nach KMK-Vorgabe integrativ unterrichtete Gruppe EG 2 erwirbt dahingegen kein Fachwissen.

Damit scheint der im Projekt entwickelte Unterricht den Fachwissenszuwachs sowohl in der Kontrollgruppe als auch in der Experimentalgruppe mit zusätzlicher Zeit (EG 1) positiv zu beeinflussen. Eine nach der KMK geforderte integrativ gestaltete Förderung ist jedoch nicht gelungen. Mögliche Ursache könnte die von Irion (2010) angenommene zusätzliche kognitive Belastung durch den Einsatz der Tablets im Unterricht sein. Die Ergebnisse der Studie legen nahe, dass die Schüler/innen der EG 1 die Belastung durch das digitale Medium aufgrund der zusätzlichen Zeit kompensieren können, der integrativ unterrichteten Gruppe (EG 2) scheint diese Kompensation hingegen nicht zu gelingen.



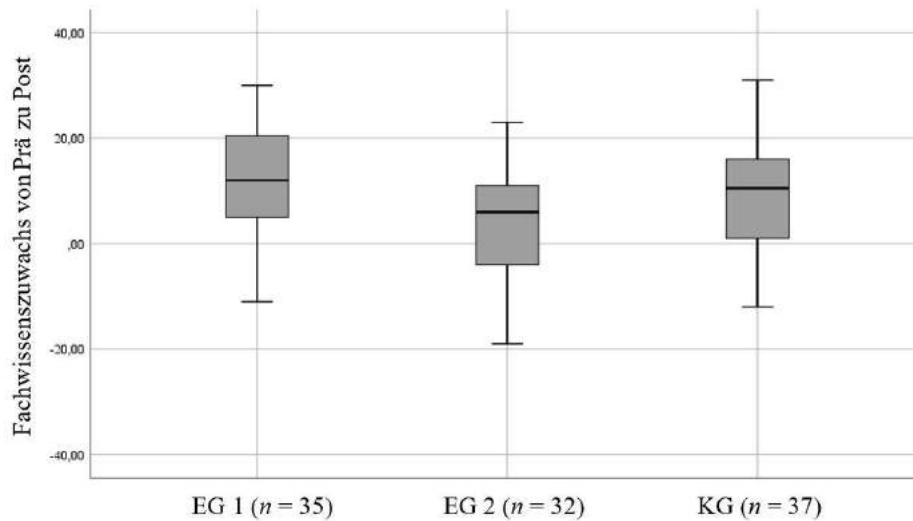


Abb. 1: Fachwissenszuwachs von Prä zu Post für die drei Gruppen

### Ausblick

Der entwickelte tabletbasierte Unterricht mit zusätzlicher Zeit konnte das Fachwissen fördern, offen bleibt jedoch die Frage, ob auch computer- und informationsbezogene Kompetenz durch den Unterricht vermittelt werden konnte. Nur wenn sowohl Fachwissen als auch computer- und informationsbezogene Kompetenz im Rahmen eines naturwissenschaftlichen Unterrichts gefördert werden können, kann die Forderung der KMK erfüllt werden. Da die vorliegende Untersuchung keinen Lernzuwachs in der nach KMK-Vorgabe gestalteten Unterrichtseinheit herbeiführen konnte, müssen weitere Untersuchungen überprüfen, ob und wie diese Forderung erfüllt werden kann. Darüber hinaus muss untersucht werden, ob sich der fehlende Lernzuwachs in EG 2 durch einen erhöhten Cognitive Load erklären lässt.

## Literatur

- Aufenanger, S. (2017). Zum Stand der Forschung zum Tableteinsatz in Schule und Unterricht aus nationaler und internationaler Sicht. In S. Aufenanger (Hrsg.), *Tablets in Schule und Unterricht. Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien* (119-138). Wiesbaden: Springer VS.
- Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schippert, K. et al. (Hrsg.). (2014). *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Eickelmann, B. (2016). Eine Bilanz zur Integration digitaler Medien an Grundschulen in Deutschland aus international vergleichender Perspektive. In M. Peschel & T. Irion (Hrsg.), *Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen - Konzepte - Perspektiven* (Beiträge zur Reform der Grundschule, Band 141, S. 79–90). Frankfurt am Main: Grundschulverband e.V.
- Eickelmann, B., Bos, W. & Gerick, J. (2015). Wie geht es weiter? Zentrale Befunde der Studie ICILS 2013. Mögliche Handlungs- und Entwicklungsperspektiven für Einzelschulen. *Schulverwaltung NRW*, 145–148.
- Gerick, J. & Eickelmann, B. (2017). *Abschlussbericht im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung der Evaluation des Projekts „Lernen mit digitalen Medien“ in Schleswig-Holstein*. Zugriff am 04.04.2017.
- Irion, T. (2010). Medienbildung im Sachunterricht - Aufgaben für den Sachunterricht zur Förderung von Kompetenzen für das Sachlernen mit Medien. In M. Peschel (Hrsg.), *Neue Medien im Sachunterricht. Gestern - heute - morgen* (S. 55–69). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Kultusministerkonferenz. (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz* (KMK, Hrsg.). Berlin. Zugriff am 28.12.2018. Verfügbar unter <https://www.kmk.org/aktuelles/artikelansicht/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html>
- Pollmeier, J. (2015). *Kontextmerkmale und die Bearbeitung von Aufgaben in einem Test naturwissenschaftlicher Kompetenz in der Grundschule*. Verfügbar unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:6-38209706140>
- Reinmann, G. & Häuptle, E. (2006). *Notebooks in der Hauptschule. Eine Einzelfallstudie zur Wirkung des Notebook-Einsatzes auf Unterricht, Lernen und Schule. Abschlussbericht*. Augsburg: Philosophisch-Sozialwissenschaftliche Fakultät.
- Schirra, S. & Peschel, M. (2016). Recherchieren, Dokumentieren und Präsentieren mit kidipedia im Zeitalter von Tablet & Co. In M. Peschel & T. Irion (Hrsg.), *Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen - Konzepte - Perspektiven* (Beiträge zur Reform der Grundschule, Band 141, S. 235–246). Frankfurt am Main: Grundschulverband e.V.

Philipp Straube  
Hilde Köster  
Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin

## **Inquiry-based Science Learning mit dem digitalen ‚InScience-Book‘**

### **Lerntheoretischer Hintergrund: Adaptiver Unterricht**

Adaptiver Unterricht kann sich positiv auf Leistung und Motivation auswirken, wenn das Vorwissen der Lernenden berücksichtigt, individuelles Lernen sowie Selbststeuerung (vgl. Prenzel, Lankes & Minsel 2000) stattfinden können, die Schüler\*innen Selbstbestimmung empfinden, eigene Entscheidungen bezüglich des Lernprozesses treffen können (Brunstein & Spörer 2010, 757) und Kompetenz sowie soziale Eingebundenheit erleben (Deci & Ryan 1993). Entsprechend aufgebauter Unterricht fördert darüber hinaus die Selbstregulationsfähigkeit (vgl. Landmann, Perels, Otto, Schnick-Vollmer & Schmitz 2015) in Hinblick auf kognitive, motivationale und metakognitive Komponenten (Landmann et al. 2015, 48). Wird zudem der Bewertung eine individuelle Bezugsnorm zugrunde gelegt, wirkt sich dies auch auf die Entwicklung eines positiven bereichsspezifischen Selbstkonzepts aus (vgl. Müller-Oppliger 2015, 52f).

Sowohl ein positives Fähigkeitsselbstkonzept als auch eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung sind überaus bedeutsam für die Lernentwicklung, da sich diese Haltungen einerseits auf die Entwicklung von Interessen (Köller et al. 2006) und schulische Leistungen auswirken und andererseits erfolgreiche Leistungen einen positiven Einfluss auf Fähigkeitsselbstkonzept, Selbstwirksamkeitserwartung, aber auch auf die Resilienz haben (Moschner & Dickhäuser 2010, 760). Ständige Überforderungen oder das Gefühl des stetigen Versagens können bei den Lernenden dagegen zu Frustrationen, zu einem geringen Selbstkonzept (Andresen & Hurrelmann 2013) und zu einer niedrigen Resilienz (Wustmann 2008) führen. Ein adaptiv an die individuellen Lernvoraussetzungen orientierter, passgenauer Unterricht erscheint daher aus lernpsychologischer Sicht als „ideal“ (Helmke 2013, 36) für individualisierte Lernprozesse (ebd., vgl. Fischer 2014; Brunstein & Spörer 2010, 757). Die lehrer\*innengesteuerte Variante eines solchen Unterrichts erfordert jedoch sehr aufwändige Maßnahmen durch die Lehrkraft (Helmke 2013, 35) – in Hinblick auf jede(n) Schüler\*in, jeden Lernfortschritt und jeden Lerngegenstand (vgl. ebd.). Es wird bezweifelt, dass dies im gegenwärtigen Schulalltag überhaupt realisierbar ist (ebd.).

Der schüler\*innengesteuerte adaptive naturwissenschaftliche Unterricht, in dessen Rahmen die Lernenden – unterstützt durch die Lehrkraft – weitgehend selbstgesteuert, interessegeleitet und an ihren eigenen (Lern-)Bedürfnissen orientiert forschend lernen, stellt dagegen eine realisierbare Variante dar (vgl. Labudde 2014, 143).

Zur Unterstützung dieser Art des Lernens soll im Projekt ein digitales, interaktives Lernwerkzeug entwickelt werden, das InScienceBook (Interaktives Science Forschungsbuch).

### **Digitale Medien als Unterrichtswerkzeuge**

Obgleich Wirksamkeitsstudien noch weitgehend fehlen, werden für Schüler\*innen mit geringen schulischen Leistungen Chancen im Lernen mit digitalen Medien gesehen, insbesondere, wenn sie adaptiv auf die Leistungen der Lernenden reagieren (Schaumburg 2015, 62)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> So berichten z. B. Haas & Pusch (2018) von einer geringeren Hemmschwelle zum Nutzen von angebotenen Hilfestellungen oder Lösungskontrollen, da durch das eingesetzte digitale Medium eine Bloßstellung vor anderen Schüler\*innen oder der Lehrkraft entfällt.

Durch die Nutzung digitaler Lernumgebungen wird außerdem eine Berücksichtigung verschiedener Lerninteressen und -neigungen sowie Lernpräferenzen und -stile möglich (Leutner 2009). Des Weiteren kann durch digitale Lernumgebungen die Zusammenarbeit gefördert, die Lernräume ‚in die Welt‘ geöffnet und das Lernen sichtbar gemacht werden (z. B. durch digitale Portfolios oder soziale Plattformen) (Heinen & Kerres 2017, 99 ff.). Davon profitieren alle Schüler\*innen (vgl. Schaumburg 2015, 65), auch diejenigen mit geringeren schulischen Leistungen (Cheung 2013). Allerdings weisen Herzig und Grafe (2011) auch darauf hin, dass sich diese Schüler\*innen durch den Einsatz digitaler Medien im Unterricht auch signifikant häufiger überfordert fühlen können. Dieser Befund wird durch kumulative Effekte (der Umgang mit den digitalen Medien tritt als zusätzlicher zu bewältigender Faktor auf) erklärt (ebd., 74).

In der Gesamtschau der Forschungsbefunde lässt sich durch die Möglichkeit zur Adaptivität jedoch eine klare Tendenz hin zu einem Nutzen digitaler Medien sowohl hinsichtlich der Motivation als auch des Lernfortschritts im Schulunterricht feststellen (vgl. Heinen & Kerres 2017; vgl. Herzig 2014).

### **InScience-Book: Adaptive Lernbegleitung mit Hilfe digitaler Medien**

In unserem Forschungsprojekt mit dem Titel ‚InScienceBook‘ möchten wir untersuchen, inwiefern im naturwissenschaftsbezogenen Unterricht Adaptivität und eine effektive adaptive Lernbegleitung durch den Einsatz digitaler Medien erreicht werden kann, so dass die Schüler\*innen sowohl in individuellen als auch gemeinschaftlichen Lernprozessen unterstützt und gleichzeitig die Lehrkraft zugunsten von Beobachter\*innen-Tätigkeiten und individuellen Scaffoldingmaßnahmen entlastet werden. Als Unterrichtsmethode wird das Forschende Lernen oder Inquiry-Based Science Learning (IBSL) eingesetzt, das individuelle, interessengeleitete und authentische Auseinandersetzungen (Höttecke 2013) mit Phänomenen und weitgehend selbstbestimmtes, selbstgesteuertes und selbstreguliertes Lernen ermöglicht (Bertsch, Kapelari & Unterbruner 2011; Köster & Galow 2014).

Ausgehend von bestehenden und noch zu entwickelnden (Scaffolding-)Konzepten wird das InScience-Book fachbezogene und forschungsmethodologische Scaffolds sowie Instrumente zur Sprachförderung (vgl. Leisen 2010) und technische Hilfen wie digitale Messwerkzeuge (z. B. Sensoren, Videoanalyse) enthalten. Als technische Plattform für das InScience-Book fungiert das digitale Portfoliosystem ‚tet.folio‘ ([www.tetfolio.de](http://www.tetfolio.de); vgl. Haase, Kirstein & Nordmeier, 2016). Das tet.folio-System bietet drei zentrale didaktische Funktionen:

- **Portfoliofunktion:** Von den Lernenden selbst erarbeitete (externalisierte) Wissensfragmente, sowie über das Internet zugänglich gemachte Content-Bausteine lassen sich in persönlich gestalteten Strukturen ablegen, präsentieren und teilen. Darüber hinaus stellt das tet.folio didaktisch anspruchsvolle, interaktive Medienelemente zur Verfügung sowie Templates und Werkzeuge für die Erstellung eigener, auch interaktiver Inhalte.
- **Werkzeugkastenfunktion:** Technische Schnittstellen mobiler Endgeräte werden zum Messen, Detektieren, Experimentieren, Fotografieren und Aufzeichnen nutzbar gemacht. Die Daten lassen sich vielfältig aufbereiten und bedarfsgerecht nutzen.
- **Kommunikations- und Recherchefunktion:** tet.folio-Schnittstellen ermöglichen den Informationsaustausch unter und zwischen Lernenden, Lehrenden und Expert\*innen. Alle Items von Cloud-Inhalten der tet.folio-Community lassen sich per Tags abhängig von individuell vergebenen Rechten im eigenen Portfolio durchsuchen und nutzbar machen.

Die technologiegestützte Begleitung von Lernprozessen mit einem solchen Portfoliosystem bietet neue Chancen, auf die individuelle Entwicklung der Schülerinnen und Schüler eingehen zu können. Ausgangspunkt dafür ist, neben der Diagnose der Lernausgangslage mit neuen interaktiven Aufgabenformaten, Ziele einer Lerneinheit zu definieren.

Mit dem tet.folio lässt sich dann im nächsten Schritt das Lernmaterial individuell mit einer Auswahl von digitalen Lernbausteinen als Orientierungsrahmen für den Lernprozess zusammenstellen. Dafür sind zum Beispiel Formate wie themenorientierte Bücher und Arbeitshefte oder auch einzelne digitale Elemente wie Lernspiele, Lernkarteien und individualisierte Arbeitsbögen auf verschiedenen Kompetenzstufen vorstellbar.

Das Zusammenstellen des Lernmaterials kann zunächst durch die Lehrenden (ggf. zunächst als Vorgabe) erfolgen, aber auf höheren Stufen der Selbstorganisation auch durch die Lernenden selbst. Ein Weg dahin lässt sich etwa durch das stufenweise Verschieben des Verhältnisses von Pflicht- und Wahlanteilen in den digitalen Lernangeboten realisieren. Schülerinnen- und Schüler könnten themenbezogene Lernmaterialien und Aufgaben nach Interesse oder Kompetenzniveau selbst auswählen und in ihr Portfolio einfügen. Dies wird ermöglicht durch die in tet.folio integrierte Datenbank, die „Integrierte Medienplattform für aktives Lernen“ (IMPAL).

Da das Erschließen von Informationen aus Texten hohe Anforderungen an die Lesekompetenz stellt, können Lernende neben Hilfen zur Texterschließung auch auf ein Glossar im tet.folio zurückgreifen. Begriffe lassen sich hier nicht nur durch Texte erläutern, sondern auch durch interaktive Medien anschaulich machen. Das Glossar ist kein fester Bestandteil der Portfolio-Lösung, sondern eines unter vielen ‚Büchern‘ im tet.folio, das mit dem Wissen seiner/-s Nutzer\*in beständig an Umfang gewinnt.

Das InScience-Book ermöglicht auf Basis des tet.folio-Systems also die Dokumentation des eigenen Lernprozesses u. a. durch Einbindung eigener Texte, Audioaufnahmen, Grafiken, Fotos und Videos sowie die Kommunikation und den Austausch von Erfahrungen, Fragen, Daten mit anderen, aber auch die Präsentation von Forschungsprozessen und (Lern-) Ergebnissen.

Im Rahmen des Projekts soll u. a. den folgenden Fragestellungen nachgegangen werden:

- Inwiefern werden die angebotenen Scaffolds im Prozess des forschenden Lernens durch die Schüler\*innen und Lehrkräfte genutzt?
- Führt das InScience-Book zu einer Stärkung des bereichsspezifischen Fähigkeitsselbstkonzepts, der Selbstwirksamkeitserwartung und der Selbstregulationsfähigkeit bei Schüler\*innen?
- Inwiefern gelingt es Schüler\*innen mit Hilfe des InScience-Book Fach- und Methodenkompetenz zu entwickeln?

## Literatur

- Andresen S. & Hurrelmann, K. (2013): Kinder in Deutschland. 3. World Vision Kinderstudie. Weinheim: Beltz.
- Bertsch, C.; Kapelari, S. & Unterbruner, U. (2011). Vom Nachkochen von Experimentieranleitungen zum forschenden Lernen im Naturwissenschaftlichen Unterricht am Übergang Primarstufe/Sekundarstufe. *Erziehung und Unterricht* 3/4, 239-245
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (Ed.) (2010). Kompetenzen in einer digital geprägten Kultur. Medienbildung für die Persönlichkeitsentwicklung, für die gesellschaftliche Teilhabe und für die Entwicklung von Ausbildungs- und Erwerbsfähigkeit. Retrieved from [http://www.dlr.de/pt/Portaldata/45/Resources/a\\_dokumente/bildungsforschung/Medienbildung\\_Broschuere\\_2010.pdf](http://www.dlr.de/pt/Portaldata/45/Resources/a_dokumente/bildungsforschung/Medienbildung_Broschuere_2010.pdf)
- Brunstein, J. C. & Spörer, N. (2010). Selbstgesteuertes Lernen. In D. Rost (Ed.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (4. Aufl.). Weinheim: Beltz, 751-759
- Cheung, A. (2013). Effects of Educational Technology Applications on Student Achievement f. Disadvantaged Students: What Forty Years of Research Tells Us. *Cypriot Journal of educational Science*, 8(1), 19-33
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik* 39(2). 223–238
- Haas, E. & Pusch, A. (2018). Interaktive Arbeitsblätter mit digitalen Stiften im Sachunterricht. Paper presented at the annual meeting of the Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Kiel, Germany.
- Haase, S., Kirstein, J. & Nordmeier, V. (2016). tet.folio: Neue Ansätze zur digitalen Unterstützung individualisierten Lernens. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Retrieved from <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/737>
- Heinen, R. & Kerres, M. (2017). Individuelle Förderung mit digitalen Medien. Handlungsfelder für die systematische, lernförderliche Integration digitaler Medien in Schule und Unterricht. In Bertelsmann-Stiftung (Ed.), *Individuell fördern mit digitalen Medien. Chancen, Risiken, Erfolgsfaktoren*. (2. Aufl.). Gütersloh: Verlag Bertelsmann Stiftung, 96-162
- Helmke, A. (2013): Individualisierung: Hintergrund, Missverständnisse, Perspektiven. In *Pädagogik* 2/13. 34-37; Retrieved from [http://andreas-helmke.de/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/Paedagogik\\_2\\_13\\_Helmke\\_Individualisierung.pdf](http://andreas-helmke.de/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/Paedagogik_2_13_Helmke_Individualisierung.pdf)
- Herzig, B. (2014). Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht? Gütersloh: Bertelsmann Stiftung. Retrieved from [http://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie\\_IB\\_Wirksamkeit\\_digitale\\_Medien\\_im\\_Unterricht\\_2014.pdf](http://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_IB_Wirksamkeit_digitale_Medien_im_Unterricht_2014.pdf)
- Herzig, B. & Grafe, S. (2011). Wirkungen digitaler Medien. In C. Albers, J. Magenheimer & D. M. Meister (Eds.), *Schule in der digitalen Welt*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 67-95
- Höttecke, D. (2013). Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten. Ein Problemaufriss. In S. Bernholt (Ed.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen*. Kiel: IPN, 32-45
- Klieme, E. & Warwas, J. (2011). Konzepte der Individuellen Förderung. *Zeitschrift für Pädagogik* 57 (6), 805-818
- Köller, O., Trautwein, U., Lüdtke, O., & Baumert, J. (2006). Zum Zusammenspiel von schulischer Leistung, Selbstkonzept und Interesse in der gymnasialen Oberstufe. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20 (1/2), 27–39
- Köster, H. & Galow, P. (2014). Forschendes Lernen initiieren. Hintergründe und Modelle offenen Experimentierens. *Unterricht Physik* 144/2014, 24-26
- Labudde, P. (2014). Fachdidaktik Naturwissenschaften. IPEGE – International Panel of gifted Education (Eds.), *Professionelle Begabtenförderung – Fachdidaktik und Begabtenförderung*. Salzburg: Österreichisches Zentrum für Begabtenförderung, 137-150
- Landmann, M., Perels, F., Otto, B., Schnick-Vollmer, K. & Schmitz, B. (2015). Selbstregulation und selbstreguliertes Lernen. In E. Wild & J. Möller (Eds.), *Pädagogische Psychologie*, Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 45-65
- Leisen, J. (2010). *Handbuch Sprachförderung im Fach. Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis*. Bonn: Varus Verlag
- Leutner, D. (2009). Adaptivität und Adaptierbarkeit beim Online-Lernen. In L. Issing & P. Klimsa (Eds.), *Online-Lernen. Handbuch für Wissenschaft und Praxis*. München: Oldenbourg, 115-123
- Moschner, B. & Dickhäuser, O. (2010). Selbstkonzept. In D. Rost (Ed.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (4. Aufl.). Weinheim: Beltz, 760-766
- Müller-Oppliger, V. (2015). Das „Schoolwide Enrichment Modell“ (SEM) als Choreographie inklusiver Begabungsförderung. In C. Solzbacher, G. Weigand & P. Schreiber: *Begabungsförderung kontrovers?* (38-59) Weinheim / Basel: Beltz Verlag
- Schaumburg, H. (2015). Chancen und Risiken digitaler Medien in der Schule. Medienpädagogische und -didaktische Perspektiven. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung
- Wustmann, C. (2008): Resilienz. Widerstandsfähigkeit von Kindern in Tageseinrichtungen fördern. In: Wassiliou E. Fthenakis (Hrsg.): *Beiträge zur Bildungsqualität*. Weinheim / Basel: Beltz

Sascha Neff<sup>1</sup>  
 Alexander Engl<sup>1</sup>  
 Alexander Kauertz<sup>1</sup>  
 Björn Risch<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Koblenz-Landau,  
 Campus Landau

## Transfer virtueller Labore in den schulischen Unterricht

### Problemstellung

Durch Transferprozesse an der Schnittstelle von Schule und Fachdidaktik sollen bildungstheoretische Erkenntnisse aus der Forschung Eingang in den Unterrichtsalltag finden. Die Ausgestaltung dieses Transfers erfolgt häufig durch Top-Down-Prozesse, welche sich als wenig nachhaltig erweisen (Fullan, Bolin & Zumwalt, 1992; Blumenfeld, Fishman, Krajcik, Marx & Soloway, 2000). Verschiedene Studien, so z.B. Gräsel und Parchmann (2004), verorten den Grund dafür in mangelnder Berücksichtigung der Bedürfnisse schulischer Praxis.

### Open MINT Labs – Projektskizze

Das Ziel der Erstellung, des Einsatzes, der Evaluation und der Erforschung der Nutzung virtueller Labore in der Hochschullehre auf Basis innovativer, plattformübergreifender Webtechnologien repräsentiert die Grundidee des Verbundprojekts Open MINT Labs (OML). Das im Setting der Hochschulen bereits nachgewiesene Potenzial dieser Blended-Learning Lab Szenarien zur Vorentlastung laborpraktischer Lerneinheiten (Roth, Berg, Permesang, Schwingel, Andres & Hornberger, 2015) soll für die Schule ebenfalls erschlossen werden. Bestehende Labore werden curricular und sprachlich angepasst sowie neue OML-Kurse unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der Schulen entwickelt. Die Erfassung schulischer Transferbarrieren liefert dabei Anhaltspunkte zur nachfolgenden Gestaltung didaktischer Konzepte, welche virtuelle Labore für den effektiven und effizienten Einsatz im Unterricht ertüchtigen soll. Die virtuellen Labore sollen auf diese Weise nicht nur als Produkt- sondern auch als Prozessinnovation (Goldenbaum, 2012) etabliert werden. Die wissenschaftliche Zielsetzung liegt in der Identifikation transferförderlicher Kriterien für die Implementation in Schulen.

### Methodisches Vorgehen

Zur Identifikation von Barrieren des Transfers im Kontext Schule wird ein mehrstufiges hypothesengeleitetes Modell vorgeschlagen (vgl. Abbildung 1). Dem Modell liegen folgende Annahmen zugrunde:

- H1: Unzureichend passgenaue Materialien erschweren einen Einsatz neuer Konzepte in der Schule (Barriere 1).
- H2: Die schulische Situation, in welcher die Lehrpersonen innerhalb definierter Strukturen agieren müssen, erschwert die Implementation schulischer Innovationen.
- H3: Persönlichkeitsmerkmale der Lehrpersonen bestimmen über die Wahrscheinlichkeit einer Implementation von Neuerungen.

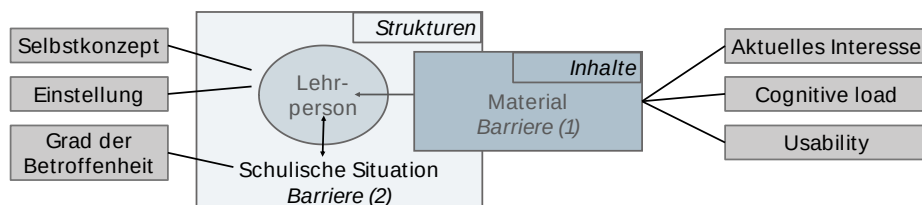


Abb. 1: Geplantes Modell zur Untersuchung des Transfers virtueller Labore in den schulischen Unterricht

Das hier vorgestellte Konzept setzt an zwei Punkten an. Einerseits sollen Persönlichkeitsmerkmale von Lehrpersonen als moderierender Faktor (Goldenbaum, 2012) hinsichtlich ihres Einflusses auf die Implementation untersucht werden. Andererseits sollen aus didaktischer Perspektive konstruierte und adaptierte Materialien die Einführung in der Schule erleichtern. Materialien, welche durch ihre Gestaltung übermäßig viel kognitive Kapazität beanspruchen, sind dem Wissenszuwachs (Schemabildung) im Sinne des germane cognitive load abträglich (Lepink, Pass, Van der Vleuten, Van Gog & Merriënboer, 2013). Geeignete digitale Lernmaterialien müssen eine gute Usability aufweisen (Prümer, 1997) und förderlich auf die aktuelle Motivation der Lernenden wirken (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001).

Die Datenerhebung erfolgt mit Hilfe eines Fragebogens, eine Validierung der Ergebnisse ist durch Interviews mit ausgewählten Lehrpersonen geplant. Im Rahmen zweier Fortbildungen für Lehrpersonen der Fachrichtungen Biologie und Chemie ( $n = 33$ ) wurde das Konzept pilotiert. Die Probanden waren im Schnitt 45,4 Jahre alt ( $SD = 7.44$ ) und hatten 16 Jahre Lehrererfahrung ( $SD = 7.4$ ). Der überwiegende Teil der Teilnehmer\*innen ( $n = 17$ ) unterrichtete an Gymnasien, die übrigen Probanden übten das Lehramt an diversen weiterführenden Schularten (Regionale Schule, Realschule plus etc.) aus. Es wurden 18 Lehrerinnen, elf Lehrer sowie vier Lehrpersonen ohne Geschlechtsangabe befragt.

### Fragebogen-Instrument

Zur Erfassung der Persönlichkeitsmerkmale wurde aufbauend auf bestehenden Skalen ein Online-Fragebogen konzipiert, mit welchem folgende Konstrukte erhoben werden:

- Demografische Daten und Angaben zur Lerngruppe
- Grad der Betroffenheit (Stages of Concern) nach Sachse, Kretschmann & Kocaj (2012)
- Computerwert nach Tigges (2008)
- Medienbezogenes Selbstkonzept nach Dickhäuser (2001) und Tigges (2008)
- Einstellung zu digitalen Medien nach Dickhäuser (2001), Tigges (2008) und Bildat, Gross und Dimitriadis (2007)
- Prägung durch Vorerfahrungen nach Goldenbaum (2012)
- Argumente zum Medieneinsatz nach Eder (2008)

Die deutsche Adaption des Stages of Concern Questionnaire (George, Hall & Stiegelbauer, 2008) in der Fassung von Sachse, Kretschmann und Kocaj (2012) wurde unter Ausschluss von drei Items der Stages eins und zwei eingesetzt. Diese Items wurden im Vorfeld aufgrund mangelnder inhaltlicher Passung gestrichen. Die Skala zum Computerwert erfasst die rezipierte Relevanz digitaler Endgeräte (Tigges, 2008). Für die Erhebung des Selbstkonzepts und der Einstellung zu digitalen Medien wurden die Skalen von Dickhäuser (2001), Tigges (2008) sowie Bildat, Gross und Dimitriadis (2007) unter Vermeidung einer inhaltlichen Doppelung der Items aggregiert. Bereits vorhandene Erfahrungen mit digitalen Medienkonzepten im naturwissenschaftlichen Unterricht wurden durch Abfrage der Vorerfahrungen sowie möglicher Qualifikationen im Bereich der Informationstechnologie erfasst (Goldenbaum, 2012). Qualitative Rückmeldungen zur Gestaltung des Medieneinsatzes im naturwissenschaftlichen Unterricht wurden durch den Einsatz halboffener Itemformulierungen nach Eder (2008) erhoben. Des Weiteren boten zwei offene Items die Möglichkeit freier Rückmeldung.

### Pilotierungsergebnisse der Fragebogenerhebung

Als zentrale Skala ist der Grad der Betroffenheit durch die Innovation ein Prädiktor zur Identifikation von Transferhindernissen bei Lehrpersonen. Zentrale Vorbehalte der Teilnehmer\*innen zeichnen sich in den Subskalen „Information“, „Persönliches“, „Konsequenz“ und „Zusammenarbeit“ ab. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich wird, richteten die befragten Personen besondere Anforderungen an den weiteren Informationsfluss unter Berücksichtigung ihrer



Rolle im Zuge der Novellierung. Ebenso stellen die konkreten Anforderungen an die Ausgestaltung des Unterrichts sowie der Austausch mit Stakeholdern wichtige Aspekte dar. Das ermittelte Profil der Stages of Concern entspricht dem von „Kooperierern“ (Sieve, 2017; Pant, Vock, Pöhlmann & Köller 2008; Bitan-Friedlander, Dreyfus & Milgrom, 2004). Die Itemanalyse der eingesetzten Skala zur Erhebung des Grades der Betroffenheit liefert zufriedenstellende Werte. Der Schwierigkeitsindex nach Dahl liegt im Bereich  $p_i = 33.1$  bis  $82.3$ . Unter Berücksichtigung der Subskalen zeigen sich akzeptable korrigierte Trennschärfen ( $r_{it} = .32-.94$ ). Ein Item wurde aufgrund geringer Passung ausgeschlossen. Die Reliabilität nach Cronbach weist gute Werte auf ( $\alpha = .78-.88$ ).

Die Auswertung des Computerwerts legt nahe, dass die Befragten digitalen Endgeräten auf einer vierstufigen Skala eine hohe Relevanz für Beruf und Alltag beimessen ( $M = 2.80$ ,  $SD = 0.69$ ). Die Items weisen zufriedenstellende Kennwerte auf ( $p_i = 57.8-89.5$ ,  $r_{it} = .53-.63$ ,  $\alpha = .62$ ).

Das medienbezogene Selbstkonzept ( $M = 2.27$ ,  $SD = 0.31$ ) und die Einstellung gegenüber digitalen Medien ( $M = 2.82$ ,  $SD = 0.31$ ) ist im mittleren Bereich auf einer vier- beziehungsweise fünfstufigen Likert-Skala zu verorten. Die aggregierten Skalen dieser zwei Konstrukte befinden sich im Überarbeitungsprozess, daher können noch keine verlässlichen Ergebnisse der Itemanalyse berichtet werden.

Qualitative Rückmeldungen der Befragten verwiesen häufig auf den zeitlichen Aufwand sowie fehlende persönliche und technologische Ressourcen als mögliche Transferhindernisse.

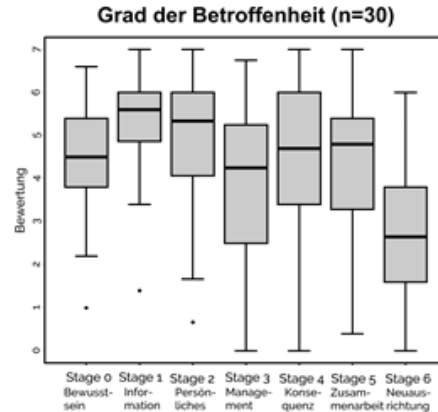


Abb. 2: Grad der Betroffenheit von Lehrpersonen im Kontext virtueller Labore.

### Ausblick

Im weiteren Verlauf wird das Erhebungsinstrument revidiert sowie die Passung der Methodik eruiert. Anschließend soll der Stichprobenumfang deutlich erhöht werden. Inhaltlich werden den Lehrpersonen dazu umfassende und strukturierte virtuelle Labore zur Gewässeranalytik in Anlehnung an Neff (2018) angeboten. Diese eignen sich für den interdisziplinären Einsatz in den naturwissenschaftlichen Fächern.

Darüber hinaus wird im Rahmen eines Promotionsvorhabens der Frage nachgegangen, inwiefern die Vorbereitung auf laborpraktische Tätigkeiten im Freiland mit virtuellen Laboren einen höheren Fachwissenszuwachs liefern kann, als eine klassische Vorbereitung beispielsweise mit Arbeitsblätter. Dazu ist eine Evaluationsstudie mit zwei Vergleichsgruppen und drei Testzeitpunkten in Vorbereitung. Begleitende Datenerhebung in Form von Videos während der Intervention lassen Rückschlüsse auf die Experimentierkompetenzen der Lernenden zu. Durch diese quantitative und qualitative Herangehensweise werden Merkmale der Innovation erfasst, welche Rückschlüsse auf den tatsächlichen Nutzen der Innovation ermöglichen und damit den Bedarf an adäquater Vorbereitung des Besuchs außerschulischer Lernorte bedienen können.

## Literatur

- Bildat, L., Gross, M. & Dimitriadis, S. (2007). E-Learning at a German University: The Teaching Staff's Point Of View. Results and Consequences of a Survey at the Leuphana University of Lüneburg. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 2(3), 9–20.
- Bitan-Friedlander, N., Dreyfus A. & Milgrom, Z. (2004). Types of „teachers in training“: the reactions of primary school science teachers when confronted with the task of implementing an innovation. *Teaching and Teacher Education*, 20, 607–619.
- Blumenfeld, P., Fishman, B.J., Krajcik, J., Marx, R.W. & Soloway, E. (2000). Creating Usable Innovations in Systemic Reform. Scaling Up Technology-Embedded Project-Based Science in Urban Schools. *Educational Psychologist*, 35(3), 149–164.
- Dickhäuser, O. (2001). Computernutzung und Geschlecht, Münster: Waxmann Verlag GmbH.
- Eder, A. (2008). Digitale Medienverwendung an berufsbildenden Schulen – Ergebnisse einer empirischen Studie. *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, Spezial 4*.
- George, A.A., Hall, G.E. & Stiegelbauer, S. (2008). Measuring implementation in schools. The stages of concern questionnaire, Austin, Tex.: Southwest Educational Development Laboratory.
- Goldenbaum, A. (2012). Innovationsmanagement in Schulen. Eine empirische Untersuchung zur Implementation eines Sozialen Lernprogramms, Wiesbaden: Springer VS.
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 196–214.
- Leppink, J., Pass, F., Van der Vleuten, V. P. M., Van Gog, T. & Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, 45 (4), 1058–1072. doi: 10.3758/s13428-013-0334-1.
- Neff, S. (2018). Konzeption, Durchführung und Evaluation einer Einheit zum Thema "Gewässeranalytik" für die Sekundarstufe II am Schülerlabor Freilandmobil, Landau: Universität Koblenz-Landau.
- Pant, H. A., Vock, M., Pöhlmann, C., Köller, O. (2008). Offenheit für Innovationen. Befunde aus einer Studie zur Rezeption der Bildungsstandards bei Lehrkräften und Zusammenhänge mit Schülerleistungen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(6), 827–845.
- Prümper, J. (1997). Der Benutzungsfragebogen ISONORM 9241/10: Ergebnisse zur Reliabilität und Validität. In Liskowsky, R., Velichkovsky, B. M. & Wüschmann, W. (Hrsg.), *Software-Ergonomie'97 Usability Engineering: Integration von Mensch-Computer-Interaktion und Software-Entwicklung*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag.
- Rheinberg, F. Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 47 (2), 57–66. doi: 10.1026//0012-1924.47.2.57.
- Roth, T., Berg, H., Permesang, J., Schwingel, A., Andres, T. & Hornberger, C. (2015). Virtuelle Grundlagenlabore als vielseitiges Lehr-Lernmedium in Blended-Learning-Lab-Szenarien. In *Deutsche Physikalische Gesellschaft (Hrsg.), PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2015*. o.O.: o.V.
- Sachse, K., Kretschmann, J., Kocaj, A., Möller, O., Knigge, M. & Tesch, B. (2012). IQB-Ländervergleich 2008/2009. Skalenhandbuch zur Dokumentation der Erhebungsinstrumente, Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin, Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen.
- Sieve, B. F. (2017). Implementation digitaler Medien – Bedürfnisse von Lehrkräften erfassen. In Meßinger-Koppelt, J., Schanze, S., Groß, J. (Hrsg.). *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 249–263.
- Snyder, J., Bolin, F., Zumwalt, K., Fullan, M. (1995). In Pinar, W.F., Reynolds, W.M., Slattery, P. & Taubman, P.M. (Hrsg.), *Understanding curriculum: an introduction to the study of historical and contemporary curriculum discourses*. New York: Peter Lang, 699–703.
- Tigges, A. (2008). Geschlecht und digitale Medien. Entwicklung und Nutzung digitaler Medien im hochschulischen Lehr-/ Lernkontext, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Sylvia Feil<sup>1</sup>  
Dr. Yvonne von Roux<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IDN, Leibniz Universität Hannover  
<sup>2</sup>IDN, Leibniz Universität Hannover

### **Digitale Unterstützung des Lehrens und Lernens in Uni, Schule und Beruf: das Qualifizierungsprogramm digitaLe**

Das Projekt digitaLe – digitales Lehren und Lernen der Leibniz Universität Hannover entwickelt und realisiert ein Qualifizierungsprogramm mit dem Fokus auf Lehramtsstudierende und Dozierende in der Lehramtsausbildung. Die Angebote führen die Teilnehmenden an Planung, Einsatz und Produktion sowie die didaktisch methodische Umsetzung von digitalen Lernszenarien in Studium und Beruf heran. Der Aufbau der Angebote ist modular angelegt, d.h. über einem Selbstlernkurs zu den mediendidaktischen Grundlagen können Fachkurse etwa zum Einsatz von Tablet im Unterricht, interaktiven Whiteboards oder fachbezogenen digitalen Tools frei gewählt werden.

Die angebotenen Kurse ermöglichen konkrete Einsatzmöglichkeiten dieser Werkzeuge in die Lehre bei gleichzeitiger Erprobung ihrer didaktischen Potenziale. Die produktive Kooperation zwischen der didaktischen Beratung im E-Learning-Service und dem Institut der Didaktik der Naturwissenschaften eröffnet dabei über die Fächergrenzen hinweg den Zugang zu innovativen Konzepten für Uni, Schule und Beruf.

Thematisch können verschiedene Kurse modular nach den eigenen Bedarfen der Interessentinnen und Interessenten zusammengestellt werden. Das Qualifizierungsprogramm umfasst vielfältige Aspekte und Perspektiven zur Gestaltung multimedialer Lernumgebungen. Die medienkritische Reflexion und eine Sensibilität für den rechtssicheren Umgang erhöhen und ergänzen dabei das eigene Kompetenzspektrum. Mit dem Konzept einer Digitalkompetenz erweitern sich die Chancen im eigenen späteren Berufsleben und in der beruflichen Umsetzung, um die zukünftigen Schülerinnen und Schüler an die Teilhabe an der digitalisierten Gesellschaft heranzuführen. Mit diesem Anspruch werden neben fachlichen Inhalten für eine konkrete unterrichtliche Nutzung, Aspekte einer erweiterten Medien- und Digitalkompetenz für angehende und aktive Lehrkräfte in digitaLe vermittelt.

Das Kursangebot ermöglicht Studierenden wie auch Lehrenden neue Lehr-Lernformate zu entdecken, auszuprobieren und für ihre Kontextbezüge weiterzuentwickeln, z. B.

- für die präsentationsgeleitete Vermittlung von Fachinhalten,
- für kooperative Arbeitsweisen,
- für Formen des digital begleiteten selbstorganisierten Lernens.

Die Kursgrößen sind mit bis zu fünfzehn Teilnehmenden optimal für differenzierende Lerngruppen ausgelegt, sodass praktische Erprobungen individuell unterstützt und beraten werden können. Die Teilnahme an einzelnen digitaLe-Grundlagenkursen wird mit einer Teilnahmebescheinigung bestätigt. Lehramtsstudierende können sich diese gleichfalls als Leistungspunkte im Bereich Schlüsselkompetenzen anrechnen lassen.

#### *Bedenken der Lehramtsstudierenden*

Die Teilnahme an den Kursen ist offen für Studierende und Dozierende aller Fächer. Bei den parallel dazu stattfindenden Erhebungen können die Erkenntnisse aus der Bertelsmann-Studie (Schmid, Goertz & Behrens, 2017, S. 36) bestätigt werden: Lehramtsstudierende realisieren noch nicht die besondere Bedeutung der Digitalkompetenz für ihren eigenen

Berufsweg. Einerseits befürworten sie didaktische Konzepte wie annotierte Videos und Webinare im Rahmen ihres Studiums, sind aber selbst wenig ambitioniert, die Handhabung als methodischen Basic-Skill zu erlernen. Im Gegensatz dazu zeichnet sich bei den sehr interessierten Studierenden ein anderes Bild ab. Teilnehmende, die sich mit der zukünftigen Entwicklung auseinandergesetzt haben, erfassen die angebotenen Inhalte schnell, probieren die Technik angeleitet aus und wünschen sich im Anschluss eine weitere fachbezogene Vertiefung.

Um diese sehr differente Situation zu erfassen und zu analysieren, wurden standardisierte Fragebögen zu den Bedenken und Hürden der angehenden Lehrkräfte hinsichtlich der verwendeten digitalen Lerninnovationen verteilt und ausgefüllt. Die Auswertung erlaubt zum einen Aussagen darüber, mit welchen Bedenken sich die Teilnehmenden eines Kurses am stärksten auseinandersetzen. Zum anderen wird erkennbar, welche Hürden noch zu überwinden sind, wenn diese digitalen Lerninnovationen im eigenen Unterricht eingesetzt werden sollen.

#### *Evaluation:*

Nach dem Concerns-Based-Adoption-Modell von George et al. (2006) wurden die standardisierten Fragebögen an die jeweiligen Kursthemen adaptiert und ergänzt, um jeweils zu Beginn und Ende einer Schulung die Hürden, Bedenken und Einstellungen der Teilnehmenden digitalen Lehrinnovationen gegenüber zu erheben (Sieve, 2015). Die zugrundeliegenden Stages of Concern (SoC) erfassen auf einer Metaebene die dem Kurs zugrundeliegenden Anregungen und Vermittlungsstrategien in der Weise, dass die Dimensionen Bewusstsein, Interessen, Bedenken, Kenntnisse zu Aufgabenstellungen und Verständnis über Lernende sowie kollaborative Arbeitsweisen differenziert (vgl. Tabelle 1). Grob vereinfacht zeichnen sich mit dem Prä-Post-Test individuelle Lernwege ab, die von einem technischen Verständnis über Fragen des sinnvollen Einsatzes hin zu einem innovativen Lehrkonzept anhand eines Tools reichen.

Die individuellen Stages of Concern-Profil erlauben gleichzeitig Aussagen über das Interesse am Thema, an methodischen Kenntnissen und organisatorischen Bedarfen. Die Stufe mit der höchsten Ausprägung legt dar, in welcher Auseinandersetzungsstufe sich die Teilnehmenden befinden. Die erste Abbildung (vgl. Abb. 1) zeigt das Profil einer Teilnehmerin, die zu Kursbeginn keine Berührungspunkte mit der GeoGebra-App hatte und ein typisches Nicht-Anwenderinnen-Profil zeigt. Im Kursverlauf entwickelt sich ein Interesse, das aber noch in einem sehr labilen Stadium bleibt. Offenkundig sind die Anforderungen an die Handhabung des technischen Tools im Vergleich zu denkbaren schulischen Einsatzszenarien noch überwiegend.

Das zweite Beispiel (vgl. Abb. 2) zeigt ein Profil zum Kurs Digital Storytelling, in dem ausgewählte Apps auf dem Tablet ausprobiert werden. Die Teilnehmerin ist schon fortgeschritten und ihr Hauptaugenmerk liegt von Beginn an auf dem Aufgabenmanagement. Sie liegt damit im Bereich der unerfahrenen Anwenderinnen. Hier verschiebt sich der Fokus im Verlauf des Kurses auf die mögliche Implementierung ins Unterrichtsgeschehen und mögliche kooperative Lernformen, mithin zeigt sie das Profil einer erfahrenen Anwenderin.

Die Evaluation dokumentiert so zum einen die persönliche Entwicklung und Auseinandersetzung mit digitalen Lerninnovationen. Zum anderen können die Kursangebote hinsichtlich der Hürden und Erfolge miteinander verglichen werden. Dazu ist im nächsten Schritt eine Clusteranalyse der individuellen SoC-Profile geplant. Die bisherigen Auswertungen belegen, dass die digitale Kursangebote Wirkung zeigen und den Weg ebnen, damit sich Lehramtsstudierende von heutigen Anwenderinnen und Anwendern zu qualifizierten Vermittelnden von morgen entwickeln.

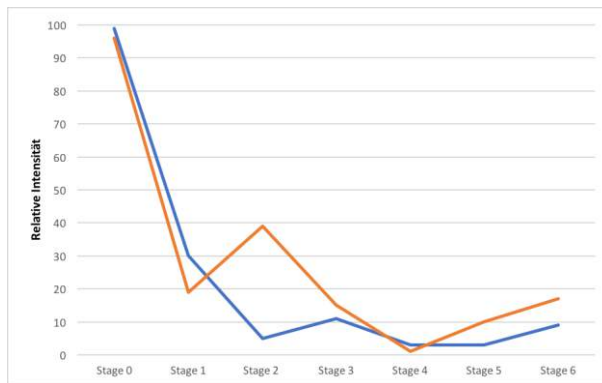


Abb. 1: Stages-of-Concerns-Profil, Teilnehmerin 23 Jahre alt, Veranstaltung: GeoGebra, Prä-Post-Test, vorher (blau), nachher (orange)

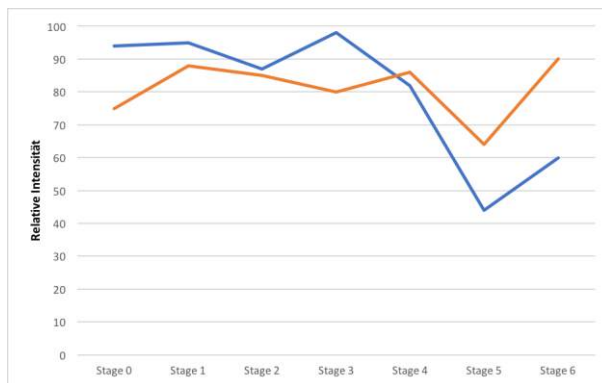


Abb. 2: Stages-of-Concerns-Profil, Teilnehmerin 25 Jahre alt, Veranstaltung: Digital Storytelling, Prä-Post-Test, vorher (blau), nachher (orange)

| Stages of Concern       | Stufen der Auseinandersetzung mit einer Innovation | Dimensionen der Implementierung                                                                              | Implementierung in eigene Unterrichtsplanung |
|-------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Stage 0 – Awareness     | Bewusstsein                                        | Bislang wenig Kontakt zum Thema                                                                              | Labile Phase                                 |
| Stage 1 – Information   | Information                                        | Kursthema ist bekannt, Kenntnisse nur rudimentär                                                             |                                              |
| Stage 2 – Personal      | Persönliche Betroffenheit                          | Anforderungen, die das Kursthema an die Lernenden stellt                                                     |                                              |
| Stage 3 – Management    | Aufgabenmanagement                                 | Interesse dafür, welche Aufgaben und Prozesse zum Thema passen, wie die neuen Kenntnisse effektiv eingesetzt | Erfolgreiche Implementierung                 |
| Stage 4 – Consequence   | Auswirkung auf Lernende                            | Interesse dafür, welche Auswirkung die Anwendung auf Unterrichtssituation hat                                |                                              |
| Stage 5 – Collaboration | Zusammenarbeit                                     | Zusammenarbeit mit anderen, die sich mit dem Thema befassen                                                  |                                              |
| Stage 6 – Refocussing   | Revision                                           | Interesse, den Einsatz des Themas noch zu verbessern oder Suche nach Alternativen.                           |                                              |

Tabelle 1: Stages of Concern nach Sieve (2015, S. 102 f.)

**Literatur**

- Schmid, U.; Goertz, L. & Behrens, J. (2017): Monitor Digitale Bildung. #3 Die Schulen im digitalen Zeitalter. Bertelsmann Stiftung, DOI 10.11586/2017041
- George, A.A., Hall, G.E. & Stiegelbauer, S.M. (2006): Measuring implementation in schools. Using the tools of the Concerns-Based-Adoption-Model. Austin: Southwest Educational Development Laboratory.
- Sieve, B.S. (2015): Interaktive Tafeln im naturwissenschaftlichen Unterricht. Springer Spektrum-Verlag

## Autorenverzeichnis

---

### **Abels, Simone, Prof. Dr.**

Leuphana Universität Lüneburg  
Didaktik der Naturwissenschaften  
Universitätsallee 1  
21335 Lüneburg  
Deutschland  
abels@leuphana.de

105, 675

### **Abramova, Alexandra**

PH Heidelberg  
Institut für Naturwissenschaften, Geografie und  
Technik  
Im Neuenheimer Feld 561  
6114 Halle (Saale)  
Deutschland  
abramova@didaktik-aktuell.de

373, 369

### **Ahrens, Svenja**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Brook-Taylor-Str. 2  
svenja.ahrens@hu-berlin.de

512

### **Akman, Perihan**

Universität Paderborn  
Didaktik der Chemie  
Warburgerstraße 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
perihan.akman@upb.de

811

### **Akram, Anam**

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30164 Hannover  
Deutschland  
anam.akram@gmx.de

767

### **Allemani, Micol**

Universität Potsdam  
Didaktik der Physik

301

### **Attree, Tanja**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Fach Physik  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
tanja\_weinhardt@yahoo.de

149

### **Aufschnaiter, Claudia von, Prof. Dr.**

Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Didaktik der Physik  
Karl-Glöckner-Straße 21C  
35394 Gießen  
Claudia.von-Aufschnaiter@didaktik.physik.uni-  
giessen.de

823, 313

### **Baja (geb. Fraß), Stephan**

RWTH Aachen University  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
frass@physik.rwth-aachen.de

448, 412

### **Baram-Tsabari, Ayelet, Prof. Dr.**

Technion – Israel Institute of Technology  
Faculty of Education in Science and Technology  
Technion City  
3200003 Haifa  
Israel  
ayelet@technion.ac.il

7

**Barth, Matthias, Prof. Dr.**  
Leuphana Universität Lüneburg  
Didaktik des Sachunterrichts  
Universitätsallee 1  
21335 Lüneburg  
Deutschland  
matthias.barth@leuphana.de

675

**Bartosch, Ilse, Dr.**  
Universität Wien  
Experimentelle Grundausbildung und  
Hochschuldidakt  
Boltzmanngasse 5  
1090 Wien  
Österreich  
ilse.bartosch@univie.ac.at

628

**Bauer, Anna**  
Universität Paderborn  
Didaktik der Physik  
Warburger Str. 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
annabb@mail.uni-paderborn.de

632

**Bauer, Joachim**  
Universität Regensburg  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
Joachim.Bauer88@gmx.de

775

**Baumann, Thomas**  
TU Dortmund  
Didaktik der Chemie  
Otto-Hahn-Straße 6  
44227 Dortmund  
Deutschland  
thomas.baumann@tu-dortmund.de

117

**Bechstein, Stefan**  
RWTH Aachen University  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
bechstein@physik.rwth-aachen.de

237

**Beeken, Marco, Prof. Dr.**  
Universität Osnabrück  
Didaktik der Chemie  
Barbarastraße 7  
mbeeken@uos.de

377

**Behle, Julia**  
Goethe Universität Frankfurt  
Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt  
Deutschland  
Anchan@gmx.de

699

**Behrendt, Alina**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
alina.behrendt@stud.uni-due.de

735

**Berger, Dominique**  
Universität Regensburg  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
dominique.berger@ur.de

671



**Berger, Markus**

PH Heidelberg  
Institut für Naturwiss., Geografie und Technik  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
berger@didaktik-aktuell.de

460

**Bernholt, Sascha, Dr.**

IPN Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
bernholt@ipn.uni-kiel.de

807

**Bernstein, Fabian**

CERN – Education, Communications & Outreach  
Goethe-Universität Frankfurt - Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt a. M.  
Deutschland  
kontakt@fabianbernstein.de

715

**Bickmann, Ilka**

Science2public  
Händelstr. 38  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
bickmann@science2public.com

432, 369

**Bille, Veronika**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
veronika.bille@uni-due.de

799

**Bispo da Silva, Ana Paula, Prof. Dr.**

Europa-Universität Flensburg  
Abteilung für Physik & ihre Didaktik & Geschichte  
Auf dem Campus I  
24943 Flensburg  
Deutschland  
ana.bispo@uni-flensburg.de

277

**Bliesmer, Kai**

Universität Oldenburg  
Didaktik und Geschichte der Physik  
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11  
26129 Oldenburg  
Deutschland  
kai.bliesmer@uni-oldenburg.de

177

**Boele, Nadine**

Universität Regensburg  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
nadine.boele@ur.de

866

**Bögge, Laura**

Universität Frankfurt/ Main  
Didaktik der Chemie  
Max-von-Laue-Straße 7  
60438 Frankfurt/ Main  
Deutschland  
boegge@chemie.uni-frankfurt.de

608

**Böhm, Denise**

Universität Würzburg  
Didaktik der Physik  
Emil-Hilb-Weg 22  
97074 Würzburg  
Deutschland  
denise.boehm@uni-wuerzburg.de

906, 584

**Bohn, Marcus**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Keplerstraße 87  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
bohn@ph-heidelberg.de

528

**Bonetti, Angela**

Pädagogische Hochschule Zürich  
Lagerstrasse 2  
8090 Zürich  
Schweiz  
angela.bonetti@phzh.ch

73

**Bohrmann, Mareike, Dr.**

Universität Münster  
Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardo-Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland  
mareike.bohrmann@uni-muenster.de

245

**Borowski, Andreas, Prof. Dr.**

Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
Andreas.borowski@uni-potsdam.de

14, 337, 349, 763, 341, 345, 301, 739, 838

**Bohrmann-Linde, Claudia, Prof. Dr.**

Universität Tübingen  
Didaktik der Chemie  
Auf der Morgenstelle 18  
claudia.bohrmann-linde@uni-tuebingen.de

667, 703

**Boubakri, Christine**

Universität Duisburg-Essen  
Deutsch als Zweit- & Fremdsprache  
Altendorfer Str. 7  
45127 Essen  
Deutschland  
christine.boubakri@uni-due.de

265

**Bollmann, Benjamin**

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
bj.boly@googlemail.com

767

**Boyer, Lina**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 2  
45117 Essen  
Deutschland  
lina.boyer@uni-due.de

309

**Bolte, Claus, Prof. Dr.**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Chemie  
Takustr. 3  
claus.bolte@fu-berlin.de

612, 707

**Brandenburger, Martina, Dr.**

Pädagogische Hochschule Freiburg  
Abteilung Physik  
Kunzenweg 21  
79117 Freiburg  
Deutschland  
martina.brandenburger@ph-freiburg.de

77

**Breuer, Judith**  
Universität Paderborn  
Didaktik der Physik  
Warburger Straße 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
judith.breuer@upb.de

189

**Brüggemann, Volker**  
Freie Universität Berlin  
Didaktik der Physik  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Deutschland  
volker.brueggemann@fu-berlin.de

404

**Brockmüller, Steffen**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
steffen.brockmueller@uni-due.de

592

**Brüggerhoff, Julia**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie / Institut für Sachunterricht  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
julia.brueggerhoff@uni-due.de

719

**Brovelli, Dorothee, Prof. Dr.**  
Pädagogische Hochschule Luzern  
Fachdidaktik Natur, Mensch, Gesellschaft  
Museggstrasse 22  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
dorothee.brovelli@phlu.ch

600, 747, 751

**Bruns, Sarah**  
IPN  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
bruns@ipn.uni-kiel.de

675

**Brück, Benjamin**  
Schülerforschungszentrum  
St. Nazair Allee 6  
66740 Saarlouis  
Deutschland  
brueck@sfz-sls.de

894

**Budde, Monika Angela, Prof. Dr.**  
Universität Vechta  
Germanistische Didaktik  
Driverstraße 22–26  
monika-angela.budde@uni-vechta.de

249

**Bruckermann, Till, Dr.**  
IPN Kiel  
Didaktik der Biologie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
bruckermann@ipn.uni-kiel.de

580

**Budke, Michael**  
Universität Osnabrück  
Didaktik der Chemie  
Barbarastraße 7  
49069 Osnabrück  
Deutschland  
mbudke@uos.de

377

**Burde, Jan-Philipp, Dr.**

Goethe-Universität Frankfurt  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue Str. 1  
60438 Frankfurt  
Deutschland  
burde@physik.uni-frankfurt.de

209, 213, 217, 743

**Celik, Kübra Nur**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
kuebra.celik@uni-due.de

472

**Büsch, Leonard**

RWTH Aachen University  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland

412

**Degeling, Maria**

Bergische Universität Wuppertal  
School of Education  
Gaußstraße 20  
42119 Wuppertal  
Deutschland  
degeling@uni-wuppertal.de

850

**Buschhüter, David, Dr.**

Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str.- 24/25  
14476 Potsdam-Golm  
Deutschland  
buschhueter@uni-potsdam.de

341, 349, 739

**Detemple, Ralf, Dr.**

Universität Aachen  
Physikalische Praktika  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
NRW  
detemple@physik.rwth-aachen.de

552

**Busker, Maike, Prof. Dr.**

Europa-Universität Flensburg  
Abteilung Chemie und ihre Didaktik  
Auf dem Campus 1  
24943 Flensburg  
Deutschland  
maike.busker@uni-flensburg.de

249, 153

**Dohrmann, René**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Physik  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Deutschland  
rene.dohrmann@fu-berlin.de

396, 656

**Caspari, Ira**

Justus-Liebig Universität Giessen  
Institut für Didaktik der Chemie  
Heinrich-Buff Ring 17  
ira.caspari@didaktik.chemie.uni-giessen.de

145

**Dopatka, Liza**

Technische Universität Darmstadt  
Fachbereich Physik  
Hochschulstraße 12  
64289 Darmstadt  
Deutschland  
liza.dopatka@physik.tu-darmstadt.de

213, 217, 209, 743

**Dörfler, Tobias, Prof. Dr.**

PH Heidelberg  
Institut für Psychologie  
Keplerstr. 87  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
doerfler@ph-heidelberg.de

54

**Dorsel, Dominik**

RWTH Aachen University

910

**Ducci, Matthias, Prof. Dr.**

PH Karlsruhe  
Institut für Chemie  
Bismarckstraße 10  
ducci@ph-karlsruhe.de

882

**Dührkoop, Susanne**

CERN  
Education, Communications & Outreach  
Schweiz  
susanne.duehrkoop@cern.ch

715

**Duit, Reinders, Prof. Dr. Dr.**

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Natur-  
wissenschaften und Mathematik (IPN)  
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Olshausenstraße 62  
D-24118 Kiel  
Deutschland  
rduit@t-online.de

201

**Dungern, Cerstin von**

Grethenweg 51  
60598 Frankfurt am Main  
Deutschland  
von-Dungern@web.de

727

**Eckhard, Julia**

Universität Gießen  
Institut für Didaktik der Chemie  
Heinrich-Buff-Ring 17  
35392 Gießen  
Deutschland  
Julia.Eckhard@didaktik.Chemie.uni-giessen.de

807

**Edte, Sarah**

PH Heidelberg  
Institut für Naturwissenschaften, Geografie und  
Technik  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
edte@ph-heidelberg.de

369, 373

**Egger, Daniela**

Leuphana Universität Lüneburg  
Didaktik der Naturwissenschaften  
Universitätsallee 1  
21335 Lüneburg  
Deutschland

675

**Eghtessad, Axel, Dr.**

TU Braunschweig, IFdN  
Abt. Chemie und Chemiedidaktik  
Bienroder Weg 82  
38106 Braunschweig  
Deutschland  
a.eghtessad@tu-bs.de

241

**Eitemüller, Carolin, Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
carolin.eitemueller@uni-due.de

846

**Elmer, Michael**  
Universität Regensburg  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
michael.elmer@ur.de

289

**Engeln, Katrin, Dr.**  
IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
engeln@ipn.uni-kiel.de

771

**Engl, Alexander**  
Universität Koblenz-Landau, Campus Landau  
AG Chemiedidaktik  
Fortstr. 7  
76829 Landau  
Deutschland  
engl@uni-landau.de

468, 930

**Enkrott, Patrick**  
Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
enkrott@uni-potsdam.de

349, 739

**Enzingmüller, Carolin, Dr.**  
IPN Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
enzingmueller@ipn.uni-kiel.de

548, 564

**Erb, Roger, Prof. Dr.**  
Goethe-Universität Frankfurt  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue Straße 1  
60438 Frankfurt  
Deutschland  
roger.erb@physik.uni-frankfurt.de

121, 464

**Fechner, Sabine, Prof. Dr.**  
Universität Paderborn  
Didaktik der Chemie  
Warburgerstraße 100  
sabine.fechner@upb.de

225, 755, 811

**Feil, Sylvia**  
Leibniz Universität Hannover  
Institut der Didaktik der Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
feil@idn.uni-hannover.de

934

**Fenner, Christiane**  
Universität Würzburg  
Didaktik der Chemie  
Am Hubland  
97074 Würzburg  
Deutschland  
Christiane.Fenner@uni-wuerzburg.de

193

**Fischer, Hans. E., Prof. Dr.**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstr. 2  
45117 Essen  
Deutschland  
hans.fischer@uni-due.de

349

**Fischer, Julian**

IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
jafischer@ipn.uni-kiel.de

815

**Freckmann, Janine**

Universität Oldenburg  
Didaktik der Physik  
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11  
26129 Oldenburg  
Deutschland  
janine.freckmann@uni-oldenburg.de

253

**Fricke, Katharina, Dr.**

Universität Münster  
Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardo-Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland  
kfricke@uni-muenster.de

922, 890

**Friedrichs, Gernot, Prof. Dr.**

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Institut für Physikalische Chemie  
Max-Eyth-Straße 1  
24118 Kiel  
Deutschland  
gfriedr@phc.uni-kiel.de

333

**Friege, Gunnar, Prof. Dr.**

Universität Hannover  
AG Physikdidaktik  
Welfengarten 1  
friege@idmp.uni-hannover.de

297, 389

**Geidel, Ekkehard, Prof. Dr.**

Universität Würzburg  
Didaktik der Chemie  
Am Hubland  
97074 Würzburg  
Deutschland  
Ekkehard.Geidel@uni-wuerzburg.de

193

**Glatz, Lion Cornelius**

Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
liondacorni@gmail.com

691

**Goertz, Simon**

RWTH Aachen University  
I. Physikalisches Institut I A  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
goertz@physik.rwth-aachen.de

787

**Götz, Theresa**

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
theresagoetz@gmx.de

767

**Graulich, Nicole, Prof. Dr.**

Universität Gießen  
Institut für Didaktik der Chemie  
Heinrich-Buff-Ring 17  
35392 Gießen  
Deutschland  
Nicole.Graulich@didaktik.Chemie.uni-giessen.de

145, 807

**Grebe-Ellis, Johannes, Prof. Dr.**

Bergische Universität Wuppertal  
Physik und ihre Didaktik  
Gaußstraße 20  
42119 Wuppertal  
Deutschland  
grebe-ellis@uni-wuppertal.de

496, 181

**Grewe, Oliver**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardo-Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland  
Oliver.grewe@uni-muenster.de

245

**Grimm, Hanna**

Universität Münster  
Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardocampus 11  
48149 Münster  
Deutschland  
hanna.grimm@uni-muenster.de

97

**Gröger, Martin, Prof. Dr.**

Universität Siegen  
Didaktik der Chemie  
Adolf-Reichwein-Str. 2  
57072 Siegen  
Deutschland  
gröger@chemie.uni-siegen.de

361, 663

**Gromadecki-Thiele, Ulrike, Dr.**

CFvW-Gymnasium Barmstedt  
Ede-Menzler-Weg 6  
25355 Barmstedt  
Deutschland  
ugromadecki@web.de

269

**Gros, Christopher**

Technische Universität Darmstadt  
Didaktik der Physik  
Hochschulstraße 12  
64289 Darmstadt  
Deutschland  
christopher.gros@stud.tu-darmstadt.de

652

**Groß, Katharina, Prof. Dr.**

Universität Wien  
Institut für Didaktik der experimentellen Chemie  
Sensengasse 8  
katharina.gross@univie.ac.at

125

**Grusche, Sascha**

Universität Dresden  
Didaktik der Physik  
1062 Dresden  
Deutschland  
sascha.grusche@tu-dresden.de

229

**Gut, Christoph, Prof. Dr.**

Pädagogische Hochschule Zürich  
Lagerstrasse, 2 LAB J050  
8090 Zürich  
Schweiz  
christoph.gut@phzh.ch

70, 73

**Gysin, Daniel**

Pädagogische Hochschule Luzern  
Institut für Fachdidaktik NMG  
Löwengraben 14  
6004 Luzern  
Schweiz  
daniel.gysin@phlu.ch

751



**Haagen-Schützenhöfer, Claudia, Prof. Dr.**

Universität Graz  
Institut für Physik  
Universitätsplatz 5  
8010 Graz  
Österreich  
claudia.haagen@uni-graz.at

743, 695, 783, 217, 209, 213

**Hauerstein, Marie-Therese**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
marie-therese.hauerstein@uni-due.de

157

**Habig, Sebastian, Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
sebastian.habig@uni-due.de

620, 624

**Heeg, Julian**

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
heeg@idn.uni-hannover.de

827

**Hägele, Jörn J.**

Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Didaktik der Physik  
Karl-Glöckner-Str. 21C  
35394 Gießen  
joern.j.haegel@didaktik.physik.uni-giessen.de

313

**Heering, Peter, Prof.Dr.**

Europa-Universität Flensburg  
Abteilung Physik  
Auf dem Campus 1  
24937 Flensburg  
Deutschland  
peter.heering@uni-Flensburg.de

66

**Halar, Alberto Marcos**

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
Physik und ihre Didaktik  
Montessoriweg 16  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
halaralbertom@stud.ph-ludwigsburg.de

197

**Heidenreich, Dominik**

Europa-Universität Flensburg  
Abteilung Chemie und ihre Didaktik  
Auf dem Campus 1  
24943 Flensburg  
Deutschland

153

**Härtig, Hendrik, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 2  
45117 Essen  
Deutschland  
hendrik.haertig@uni-due.de

40, 572, 309, 576

**Heinicke, Susanne, Prof. Dr.**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Institut für Didaktik der Physik  
Wilhelm-Klemm-Str. 10  
48149 Münster  
Deutschland  
Susanne.Heinicke@wwu.de

89

**Heinitz, Benjamin**

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
be.heinitz@gmail.com

520, 504

**Hermanns, Jolanda, Dr.**

Universität Potsdam  
Zentrum für Lehrerbildung und Bildungsforschung  
Karl-Liebknecht-Straße 24-25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
jhermanns@uni-potsdam.de

165

**Heinke, Heidrun, Prof. Dr.**

Universität Aachen  
Physikalische Praktika  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
NRW  
heinke@physik.rwth-aachen.de

552, 480, 448, 412, 910, 787, 440

**Heusler, Stefan, Prof. Dr.**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Institut für Didaktik der Physik  
Wilhelm-Klemm-Str. 10  
48149 Münster  
Deutschland  
Stefan.Heusler@wwu.de

476

**Heinze, Aiso, Prof. Dr.**

IPN  
Didaktik der Mathematik  
Olshausenstr. 62  
24106 Kiel  
Deutschland  
heinze@ipn.uni-kiel.de

544

**Hieke, Florian, Dr.**

MINTFIT Hamburg  
Universität Hamburg  
Rothenbaumchaussee 19  
20148 Hamburg  
Deutschland  
florian.hieke@uni-hamburg.de

918

**Heinze, Jana**

Universität Regensburg  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
Jana.Heinze@ur.de

842

**Hilfert-Rüppell, Dagmar, Dr.**

TU Braunschweig  
Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften  
Bienroder Weg 82  
38106 Braunschweig  
Deutschland  
d.hilfert-rueppell@tu-braunschweig.de

241

**Helzel, Andreas, Dr.**

Technische Universität München  
School of Education  
Arcisstraße 21  
80333 München  
Deutschland  
andreas.helzel@tum.de

205

**Hirth, Michael**

Technische Universität Kaiserslautern  
Didaktik der Physik  
Erwin-Schrödinger-Straße, Gebäude 46  
67663 Kaiserslautern  
Deutschland  
mhirth@physik.uni-kl.de

894

**Hofer, Elisabeth**

Universität Wien  
Österr. Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie  
Porzellangasse 4/2  
1090 Wien  
Österreich  
e.hofer@univie.ac.at

500

**Höffler, Tim, Dr.**

IPN Kiel  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
hoeffler@ipn.uni-kiel.de

536, 604

**Höfner, Sebastian**

Universität des Saarlandes  
Lehrstuhl für Messtechnik  
Campus A5.1  
66123 Saarbrücken  
Deutschland  
schuetze@lmt.uni-saarland.de

894

**Hollauer, Marten, MA Ed.**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Chemie  
Takustr. 3  
14195 Berlin  
Deutschland  
marholl93@zedat.fu-berlin.de

612

**Holz, Christoph**

WWU Münster  
Didaktik der Physik  
Wilhelm-Klemm-Strasse 10  
48149 Münster  
Deutschland  
christoph.holz@uni-muenster.de

89

**Holzapfel, Marisa**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
marisa.holzapfel@uni-due.de

381

**Höner, Kerstin, Prof. Dr.**

TU Braunschweig  
IFdN, Abteilung Chemie und Chemiedidaktik  
Bienroder Weg 82  
38106 Braunschweig  
Deutschland  
k.hoener@tu-braunschweig.de

241

**Hönig, Marina**

PH Ludwigsburg  
Institute for Science and Technology  
Reutealle 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
info@disensu.de

648

**Hopf, Martin, Prof. Dr.**

Universität Wien  
AECC Physik  
Porzellangasse 4/2/2  
1090 Wien  
Österreich  
martin.hopf@univie.ac.at

209, 711, 201, 743, 217, 213

**Horn, Martin Erik, Dr.**

Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin  
Fachbereich 1 - Facheinheit Quantitative Methoden  
Badensche Str. 52  
10825 Berlin  
Germany  
mail@martinerikhorn.de

819

**Höttecke, Dietmar, Prof. Dr.**

Universität Hamburg  
Didaktik der Physik  
Von-Melle-Park 8  
dietmar.hoettecke@uni-hamburg.de

257, 261

**Hull, Mike, Dr.**

Universität Wien  
Kompetenzzentrum für Didaktik der Physik  
Porzellangasse 4  
A-1090 Wien  
Österreich  
michael.malvern.hull@univie.ac.at

484

**Hümbert-Schnurr, Sebastian, Dr.**

Bergische Universität Wuppertal  
Physik und ihre Didaktik  
Gaußstraße 20  
42119 Wuppertal  
Deutschland  
huembert@uni-wuppertal.de

850

**Hundertmark, Sarah, Dr.**

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
76829 Landau in der Pfalz  
Deutschland  
hundertmark@idn.uni-hannover.de

683

**Hursie, Lukas**

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Didaktik der Biologie und Geographie  
Weinbergweg 10  
6120 Halle  
D  
lukas.hursie@student.uni-halle.de

428

**Hütz, Simon**

RWTH Aachen University  
1. Physikalisches Institut A  
Templergraben 55  
52062 Aachen  
Deutschland  
huetz@physik.rwth-aachen.de

440, 910

**Issleib, Jessica**

Universität Siegen  
Didaktik der Chemie  
Adolf-Reichwein-Str. 2  
57076 Siegen  
Deutschland  
jessica.issleib@uni-siegen.de

663

**Ivanjek, Lana, Dr.**

Universität Wien  
AECC Physik  
Porzellangasse 4/2/2  
1090 Wien  
Österreich  
lana.ivanjek@univie.ac.at

209, 743, 217, 213

**Jackowski, Andreas**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
andreas.jackowski@uni-due.de

101

**Jaeger, Dennis**

TU Braunschweig  
Physik und Physikdidaktik  
Bienroder Weg 82  
38106 Braunschweig  
dennis.jaeger@tu-braunschweig.de

293

**Jaklin-Facher, Susanne, Dr.**  
Universität Wien  
AECC Chemie  
Porzellangasse 4  
1090 Wien  
Österreich  
susanne.jaklin-facher@univie.ac.at

161

**Jansky, Alexandra**  
CERN  
Geneva 23  
1211 Genf  
Schweiz  
alexandra.jansky@cern.ch

715

**Janssen, Sönke**  
Universität Hannover  
AG Physikdidaktik  
Welfengarten 1  
30167 Hannover  
Deutschland  
sjanssen@idmp.uni-hannover.de

389

**John, Tilmann**  
PSE Stuttgart-Ludwigsburg  
Reuteallee 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
tilmann.john@ph-ludwigsburg.de

365

**Jostes , Brigitte, Dr.**  
Universität Potsdam  
Institut für Germanistik  
Am Neuen Palais 10  
14469 Potsdam  
Deutschland  
jostes@uni-potsdam.de

763

**Joswig, Ann-Kathrin**  
RWTH Aachen University  
Didaktik der Physik und Technik  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
joswig@physik.rwth-aachen.de

141

**Joußen, Norman**  
RWTH Aachen University  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
joussen@physik.rwth-aachen.de

448

**Kaiser, Nanni**  
Wernerstr. 6  
68259 Mannheim  
Deutschland  
nanni.kaiser@yahoo.com

659

**Kampschulte, Lorenz, Dr.**  
Deutsches Museum  
Leitung Hauptabteilung Bildung  
Museumsinsel 1  
80538 München  
Deutschland  
l.kampschulte@deutsches-museum.de

576, 548, 572, 564

**Kasten, Verena**  
Universität Münster  
Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardo-Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland  
verena.kasten@uni-muenster.de

922

**Kauertz, Alexander, Prof. Dr.**

Universität Koblenz-Landau  
AG Physikdidaktik  
Fortstraße 7  
76829 Landau  
Deutschland  
kauertz@uni-landau.de

930, 683

**Kehne, Franziska**

Universität Paderborn  
Didaktik der Chemie  
Warburger Straße 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
franziska.kehne@upb.de

755

**Keller, Melanie, Dr.**

IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
keller@ipn.uni-kiel.de

540

**Keller, Oliver**

CERN  
Education, Communications & Outreach  
Schweiz  
oliver.michael.keller@cern.ch

715

**Kempin, Maren**

Universität Bremen  
Didaktik der Physik  
Otto-Hahn-Allee 1  
28334 Bremen  
Deutschland  
maren.kempin@uni-bremen.de

357, 838

**Kerres, Michael, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Learning Lab - Lehrstuhl für Mediendidaktik und  
Wissensmanagement  
Universitätsstraße 2  
45141 Essen  
Deutschland  
michael.kerres@uni-duisburg-essen.de

815

**Kieserling, Mats**

TU Dortmund  
Didaktik der Chemie  
Otto-Hahn-Straße 6  
44227 Dortmund  
Deutschland  
mats.kieserling@tu-dortmund.de

902

**Kirstein, Dennis**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
dennis.kirstein@uni-due.de

624

**Kiupel, Michael, Dr.**

Europa-Universität Flensburg  
Abteilung für Physik und ihre Didaktik  
Auf dem Campus 1  
24943 Flensburg  
Deutschland  
kiupel@uni-flensburg.de

444

**Kiwitt, Melanie**

RWTH Aachen University  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
kiwitt@physik.rwth-aachen.de

448

**Klein, Pascal, JProf. Dr.**

Technische Universität Kaiserslautern  
Didaktik der Physik  
Erwin-Schrödinger-Str. 46  
67663 Kaiserslautern  
D  
pklein@physik.uni-kl.de

488

**Klein, Patrick**

RWTH Aachen University  
I. Physikalisches Institut I A  
patrick.klein1@rwth-aachen.de

787

**Knemeyer, Jens-Peter, Dr.**

PH Heidelberg  
Institut für Naturwissenschaften, Geografie und  
Technik  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
knemeyer@didaktik-aktuell.de

432, 460, 373, 452, 369

**Knickmeier, Katrin, Dr.**

IPN  
Didaktik der Chemie  
Am Botanischen Garten 14f  
24118 Kiel  
Germany  
kknickmeier@uv.uni-kiel.de

604

**Kobel, Michael, Prof. Dr.**

Technische Universität Dresden  
Institut für Kern- und Teilchenphysik  
Zellescher Weg 19  
michael.kobel@tu-dresden.de

185

**Kobl, Christina**

Universität Regensburg

325, 317

**Koenen, Jenna, Prof. Dr.**

Technische Universität München  
TUM School of Education, Didaktik der Chemie  
Arcisstraße 21  
80333 München  
Deutschland  
jenna.koenen@tum.de

504, 512

**Kok, Karel**

HU Berlin  
Didaktik der Physik  
Unter den Linden 6  
10099 Berlin  
Deutschland  
karel.kok@physik.hu-berlin.de

524

**Kometz, Andreas, Prof. Dr.**

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Didaktik der Chemie  
Regensburger Str. 160  
90478 Nürnberg  
Deutschland

679

**Kometz, Anja**

Staatliches Berufliches Schulzentrum  
Herzogenaurach/Höchstadt/a.d.Aisch  
Friedrich-Weiler-Platz 2  
90478 Nürnberg  
Deutschland  
a.Kometz@sbs-herzogenaurach.de

679

**Komor, Ines**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45141 Essen  
Deutschland  
ines.komor@uni-due.de

799

**Komorek, Michael, Prof.Dr.**

Universität Oldenburg  
Didaktik der Physik  
Carl von Ossietzky Straße 9-11  
michael.komorek@uol.de

177, 253, 385, 392, 400, 420

**Kondrjakow, Roman**

RWTH Aachen  
Physikalische Praktika  
Otto-Blumenthal-Straße  
52074 Aachen  
Deutschland  
kondrjakow@physik.rwth-aachen.de

552

**Korneck, Friederike, Prof. Dr.**

Goethe-Universität Frankfurt  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
korneck@em.uni-frankfurt.de

727, 329, 416, 878, 317

**Köster, Hilde, Prof. Dr.**

Freie Universität Berlin  
AB Grundschulpädagogik | LB Sachunterricht  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
Deutschland  
hilde.koester@fu-berlin.de

656, 926

**Krabbe, Heiko, Prof. Dr.**

Ruhr-Universität Bochum  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 150  
45141 Essen  
Deutschland  
heiko.krabbe@rub.de

40, 265, 759, 791

**Kral, Andreas**

RWTH Aachen University  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
kral@physik.rwth-aachen.de

480

**Kramer, Tim, Dr.**

Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe  
naturwissenschaftliche Bildung gGmbH  
Forscherstation  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
kramer@ph-heidelberg.de

54

**Kressdorf, Freja Marena**

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Didaktik der Physik  
Hoher Weg 8  
6120 Halle (Saale)  
Deutschland  
freja.kressdorf@physik.uni-halle.de

640

**Krüger, Johanna**

IPN  
KiSOC  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
jkrueger@ipn.uni-kiel.de

604

**Krüger, Marvin**

Goethe-Universität Frankfurt  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
krueger@physik.uni-frankfurt.de

416, 329, 878



**Krumphals, Ingrid, Dr**

Universität Graz  
Fachdidaktikzentrum Physik  
Universitätsplatz 5  
8010 Graz  
Österreich  
ingrid.krumphals@uni-graz.at

783, 695

**Küsel, Julian**

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
Abteilung Chemie  
Reuteallee 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
julian.kuesel@ph-ludwigsburg.de

109, 648

**Krupinski, Jennifer**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie; Institut für Sachunterricht  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
jennifer.krupinski@uni-due.de

273

**Langhans, Alice**

IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
langhans@ipn.uni-kiel.de

771

**Kuhn, Jochen, Prof. Dr.**

TU Kaiserslautern  
Didaktik der Physik  
Erwin Schrödinger Straße Geb. 46  
67663 Kaiserslautern  
Deutschland  
kuhn@physik.uni-kl.de

894, 488

**Laukenmann, Matthias, Prof. Dr.**

PH Ludwigsburg  
Physik und ihre Didaktik  
Reuteallee 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
laukenmann@ph-ludwigsburg.de

197, 854

**Kulgemeyer, Christoph, PD Dr.**

Universität Bremen  
IDN - Physikdidaktik  
Otto-Hahn-Allee 1  
28359 Bremen  
Deutschland  
kulgemeyer@physik.uni-bremen.de

285, 357, 838, 345

**Laumann, Daniel, Dr.**

IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
laumann@ipn.uni-kiel.de

815, 564

**Kurth, Christopher**

Universität Kassel  
Didaktik der Physik  
Heinrich-Plett-Straße 40  
34132 Kassel  
Deutschland  
kurth@physik.uni-kassel.de

173

**Lembens, Anja, Univ.-Prof. Dr.**

Universität Wien  
Österr. Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie  
Porzellangasse 4/2  
anja.lembens@univie.ac.at

161, 436, 500

**Lewing, Johannes**

Universität Göttingen  
Didaktik der Physik  
Friedrich-Hund-Platz 1  
37077 Göttingen  
Deutschland  
Johannes.lewing@uni-goettingen.de

723

**Lindner, Martin, Prof. Dr.**

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Didaktik der Biologie und Geographie  
Weinbergweg 10  
6120 Halle  
D  
martin.lindner@biodidatik.uni-halle.de

428

**Lindenau, Philipp**

Technische Universität Dresden  
Institut für Kern- und Teilchenphysik  
Zellescher Weg 19  
01069 Dresden  
Deutschland  
philipp.lindenau@tu-dresden.de

185

**Lohse-Bossenz, Hendrik, Prof. Dr.**

PH Heidelberg  
Institut für Psychologie  
Keplerstr. 87  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
hendrik.lohse-bossenz@ph-heidelberg.de

54

**Lindmeier, Anke, Prof. Dr.**

IPN  
Didaktik der Mathematik  
Olshausenstr. 62  
24108 Kiel  
Deutschland  
lindmeier@ipn.uni-kiel.de

572, 576

**Lohwasser, Karin, Dr.**

University of Washington  
College of Education  
Box 353600  
97074 Würzburg  
Deutschland  
loh2o@uw.edu

193

**Lindmeier, Bettina, Prof. Dr.**

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Sonderpädagogik  
Schlosswender Str. 1  
30159 Hannover  
Deutschland  
bettina.lindmeier@ifs.uni-hannover.de

683

**Lorentzen, Jenny**

IPN Kiel

333

**Lindmeier, Christian, Prof. Dr.**

Universität Koblenz-Landau  
Institut für Sonderpädagogik  
Xylanderstraße 1  
76829 Landau in der Pfalz  
Deutschland  
lindmeier@uni-landau.de

683

**Ludwig, Tobias, Dr.**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Didaktik der Physik  
Newtonstr. 15  
12489 Berlin  
Deutschland  
tobias.ludwig@physik.hu-berlin.de

596

**Lühken, Arnim, Prof. Dr.**  
Universität Frankfurt/ Main  
Didaktik der Chemie  
Max-von-Laue-Str. 7  
luehken@chemie.uni-frankfurt.de

169, 221, 608

**Magdans, Uta, Dr.**  
Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str./24-25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
magdans@uni-potsdam.de

301

**Mahler, Daniela**  
IPN Kiel  
Didaktik Biologie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
mahler@ipn.uni-kiel.de

580

**Mannerschmid, Susanne**  
Universität Wien  
AECC Chemie  
Porzellangasse 4  
1090 Wien  
Österreich  
a00100584@unet.univie.ac.at

161

**Manthey, Johann**  
Universität Siegen  
Didaktik der Chemie  
Adolf-Reichwein-Str. 2  
57076 Siegen  
Deutschland  
johann.manthey@uni-siegen.de

361

**Markic, Silvija, Prof. Dr.**  
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
Abteilung Chemie  
Reuteallee 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
markic@ph-ludwigsburg.de

133, 109, 129, 648

**Marmé, Nicole, Prof. apl. Dr.**  
PH Heidelberg  
Institut für Naturwissenschaften, Geografie und  
Technik  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
marme@didaktik-aktuell.de

452, 432, 373, 460, 369

**Massolt, Joost**  
Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Straße 24-25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
massolt@uni-potsdam.de

337, 341

**Maurer, Christian, Dr.**  
Universität Regensburg  
Didaktik der Physik  
christian1.maurer@ur.de

1

**McGinness, Lachlan**  
CERN

715

**Mehrtens, Tobias**  
Freie Universität Berlin  
Didaktik der Sachunterrichts

656

**Meiners, Antoinette**

Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
anmeiner@uni-potsdam.de

763

**Melle, Insa, Prof. Dr.**

TU Dortmund  
Didaktik der Chemie  
Otto-Hahn-Str. 6  
insa.melle@tu-dortmund.de

117, 898, 902

**Meller, Laura**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
laura.meller@hotmail.de

731

**Metzger, Susanne, Prof. Dr.**

Fachhochschule Nordwestschweiz  
Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik  
Steinentorstrasse 30  
4051 Basel  
Schweiz  
susanne.metzger@fhnw.ch

73

**Meyer, Jasmin**

Leibniz Universität Hannover  
Leibniz Universität  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
jasmin666m@web.de

85

**Mikelskis-Seifert, Silke**

Pädagogische Hochschule Freiburg  
Chemie, Physik, Technik und ihre Didaktiken  
Kunzenweg 21  
79117 Freiburg im Breisgau  
Deutschland  
silke.mikelskisseifert@ph-freiburg.de

233, 830

**Milster, Julia-Josefine**

Freie Universität Berlin  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Deutschland  
julia.j.milster@fu-berlin.de

874

**Möller, Kornelia, Prof. Dr.**

Universität Münster  
Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardo-Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland  
kornelia.moeller@uni-muenster.de

97, 245

**Mückai, René**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Chemie  
Takustr. 3  
14195 Berlin  
Deutschland  
mueckai0411@zedat.fu-berlin.de

612

**Müller, Felix**

IPN Kiel  
Didaktik der Mathematik  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland

576

**Müller, Isabell**  
Universität Erlangen-Nürnberg

679

**Müller, Jirka**  
Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
jimuelle@uni-potsdam.de

301

**Müller, Marc, Dr.**  
Bergische Universität Wuppertal  
Physik und ihre Didaktik  
Gaußstraße 20  
42119 Wuppertal  
Deutschland  
m.mueller@uni-wuppertal.de

496

**Müller, Rainer, Prof. Dr.**  
TU Braunschweig  
Physik und Physikdidaktik  
Bienroder Weg 82

293

**Müller, Stefan**  
Universität zu Köln  
Institut für Chemiedidaktik  
Herbert-Lewin-Straße 2  
50931 Köln  
Deutschland  
s.mueller@uni-koeln.de

58

**Müller, Swantje**  
Universität Oldenburg  
Didaktik der Chemie  
Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11  
26129 Oldenburg  
Deutschland  
swantje.mueller@uni-oldenburg.de

532

**Müller, Ute Carina, Dr.**  
MINTFIT Hamburg  
Universität Hamburg  
Rothenbaumchaussee 19  
20148 Hamburg  
Deutschland  
ute.carina.mueller@mintfit.hamburg

918

**Münch, Barbara**  
Stadt Heidelberg  
Amt für Schule und Bildung  
Neugasse 4-6  
69117 Heidelberg  
Deutschland  
Barbara.Muench@heidelberg.de

452

**Münster, Christoph**  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Didaktik der Physik  
Karl-Glöckner-Straße 21C  
35394 Gießen  
Deutschland  
christoph.muenster@didaktik.physik.uni-giessen.de

823

**Musold, Wiebke**  
HU Berlin  
Didaktik der Physik

524

**Muth, Laura, Dr.**  
Goethe-Universität Frankfurt  
Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Straße 1  
60438 Frankfurt  
Deutschland  
muth@physik.uni-frankfurt.de

121

**Nakamura, Taku, Dr.**

Gifu University  
Department of Physics, Faculty of Education  
nakamura@gifu-u.ac.jp

484

**Nave (geb. Scheide), Katharina**

Humboldt Universität zu Berlin  
Didaktik der Chemie  
Newtonstr. 14, LCP  
12489 Berlin  
Deutschland  
katharina.scheide@web.de

779

**Neff, Sascha**

Universität Koblenz-Landau  
AG Chemiedidaktik  
Fortstraße 7  
76829 Landau  
Deutschland  
neff@uni-landau.de

930

**Nehring, Andreas, Prof. Dr.**

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
Leibniz Universität Hannover

70, 105, 520, 113, 504, 85, 683, 767

**Neppl, Stephanie**

Universität Regensburg  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
stephanie.neppl@ur.de

834

**Nerdel, Claudia, Prof. Dr.**

Technische Universität München  
Fachdidaktik Life Sciences  
Arcisstraße 21  
80333 München  
Deutschland  
claudia.nerdel@tum.de

205

**Neumann, Irene, Dr.**

IPN Kiel  
Didaktik der Mathematik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
ineumann@ipn.uni-kiel.de

544

**Neumann, Knut, Prof. Dr.**

IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
neumann@ipn.uni-kiel.de

2, 771, 540, 815

**Nitz, Sandra**

Leibniz Universität Hannover

683

**Nordmeier, Volkhard, Prof. Dr.**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Physik  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Deutschland  
volkhard.nordmeier@fu-berlin.de

396, 404, 656, 874, 886, 926

**Nosko, Christian, Dr.**

Kirchliche Pädagogische Hochschule Wien/Krems  
Fachgruppe Naturwissenschaften  
Porzellangasse 4  
1090 Wien  
Österreich  
christian.nosko@univie.ac.at

161

**Nowak, Anna**

Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
anna.nowak@uni-potsdam.de

838

**Oettle, Michaela**

Pädagogische Hochschule Freiburg  
Didaktik der Physik  
Kunzenweg 21  
79117 Freiburg  
Deutschland  
Michaela.Oettle@ph-freiburg.de

233

**Opfermann, Maria, Prof. Dr.**

Ruhr-Universität Bochum  
Institut für Erziehungswissenschaft  
Universitätsstraße 150  
44780 Bochum  
Deutschland  
maria.opfermann@rub.de

799

**Ortiz Palacio, Cristian David**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Physik  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
ortizc@ph-heidelberg.de

687

**Ostermann, Anje**

IPN Kiel  
Didaktik der Mathematik  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland

572, 576

**Paczulla, Bianca**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
bianca.paczulla@uni-due.de

870

**Parchmann, Ilka, Prof. Dr.**

IPN an der Universität zu Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstr. 62  
81377 München  
Deutschland  
parchmann@ipn.uni-kiel.de

424, 536, 548, 564, 604

**Passon, Oliver, Dr.**

Bergische Universität Wuppertal  
Physik und ihre Didaktik  
Gaußstraße 20  
42119 Wuppertal  
Deutschland  
passon@uni-wuppertal.de

181

**Pauly, Annabel**

Goethe-Universität Frankfurt a. M.  
Didaktik der Chemie  
Max-von-Laue-Str. 7  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
a.pauly@chemie.uni-frankfurt.de

221

**Pawelzik, Janina**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Institut für Didaktik des Sachunterrichts  
Lenoard-Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland  
janina.pawelzik@uni-muenster.de

321

**Pawlak, Felix**

Universität zu Köln  
Institut für Chemiedidaktik  
Herbert-Lewin-Str.2  
50931 Köln  
Deutschland  
F.Pawlak@uni-koeln.de

125

**Petermann, Verena**

Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Didaktik der Physik  
Karl-Glöckner-Straße 21 C  
Verena.Petermann@didaktik.physik.uni-giessen.de

862, 516, 504

**Petersen, Stefan, Dr.**

IPN Kiel  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
petersen@ipn.uni-kiel.de

540

**Pfitzner, Arno, Prof. Dr.**

Universität Regensburg  
Anorganische Chemie  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
Arno.Pfitzner@chemie.uni-regensburg.de

305, 588

**Pfläging, Marisa**

Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
pflaegin@uni-potsdam.de

739

**Pflüger-Schmezer, Brigitte, Dr.**

Kurpfalzschule Heidelberg  
Schäfergasse 18  
69117 Heidelberg  
Deutschland  
pflueger@didaktik-aktuell.de

452

**Pietzner, Verena, Prof. Dr.**

Universität Oldenburg  
verena.pietzner@uni-oldenburg.de

532

**Plotz, Thomas, Dr.**

Universität Wien  
AECC Physik  
Porzellangasse 4/2/2  
1120 Wien  
Österreich  
thomas.plotz@univie.ac.at

695

**Pospiech, Gesche, Prof. Dr.**

Technische Universität Dresden  
Didaktik der Physik  
Haeckelstraße 3  
gesche.pospiech@tu-dresden.de

281



**Prechtl, Markus, Prof. Dr.**

Technische Universität Darmstadt  
Fachbereich Chemie / Fachdidaktik Chemie  
Alarich-Weiss-Straße 4  
64287 Darmstadt  
Deutschland  
prechtl@chemie.tu-darmstadt.de

644

**Priemer, Burkhard, Prof. Dr.**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Didaktik der Physik  
Newtonstr. 15  
priemer@physik.hu-berlin.de

596, 269, 524

**Przywarra, Tobias**

Universität Koblenz-Landau  
AG Chemiedidaktik  
Fortstraße 7  
76829 Landau  
Deutschland  
przywarra@uni-landau.de

616

**Pupillo, Alessandro**

Goethe Universität Frankfurt am Main  
Didaktik der Physik  
Berliner Straße 124  
63065 Offenbach am Main  
Deutschland  
alessandro-pupillo@arcor.de

878

**Rabe, Thorid, Prof. Dr.**

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Didaktik der Physik  
Hoher Weg 8  
thorid.rabe@physik.uni-halle.de

25, 640

**Ralle, Bernd, Prof. Dr.**

Universität Dortmund  
Didaktik der Chemie  
Otto-Hahn-Straße 6  
bernd.ralle@uni-dortmund.de

40

**Rau-Patschke, Sarah, Dr.**

Universität Kassel  
Institut für Erziehungswissenschaft  
Nora-Platiel-Straße 1  
45127 Essen  
Deutschland  
rau-patschke@uni-kassel.de

273, 719, 735

**Rautenberg, Svenja**

Ruhr-Universität Bochum  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Deutschland  
svenja.rautenberg@rub.de

759

**Rautenstrauch, Hanne, Dr.**

Europa-Universität Flensburg  
Abteilung für Chemie und ihre Didaktik  
Auf dem Campus 1  
24943 Flensburg  
Deutschland  
hanne.rautenstrauch@uni-flensburg.de

153

**Rehfeldt, Daniel, Dr.**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Physik  
Arnimallee 14  
daniel.rehfeldt@fu-berlin.de

886

**Rehm, Markus, Prof. Dr.**

Institut für Naturwissenschaften, Geographie und  
Technik  
Chemiedidaktik  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
rehm@ph-heidelberg.de

54

**Richter, Christiane, Dr.**

Universität Oldenburg  
Didaktik der Physik  
Carl-von-ossietzky-Straße 9-11  
26129 Oldenburg  
Deutschland  
christiane.richter@uni-oldenburg.de

400

**Reiners, Christiane S., Prof. Dr.**

Universität zu Köln  
Institut für Chemiedidaktik  
Herbert-Lewin-Straße 2  
christiane.reiners@uni-koeln.de

58, 408

**Riese, Josef, Prof. Dr.**

RWTH Aachen University  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
riese@physik.rwth-aachen.de

141, 345, 787, 237, 353

**Reinhold, Peter, Prof. Dr.**

Universität Paderborn  
Didaktik der Physik  
Warburger Str. 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
peter.reinhold@uni-paderborn.de

632, 189

**Rincke, Karsten, Prof. Dr.**

Universität Regensburg  
Didaktik der Physik  
Universitätsstr. 31  
Karsten.Rincke@physik.uni-r.de

2, 636, 671, 775, 834, 842

**Reiter, Katrin**

Universität Wien  
AECC Chemie  
Porzellangasse 4  
1090 Wien  
Österreich  
katrin.reiter@univie.ac.at

161

**Risch, Björn, Prof. Dr.**

Universität Koblenz-Landau  
AG Chemiedidaktik  
Fortstraße 7  
risch@uni-landau.de

616, 468, 930

**Renner, Melanie**

Universität Graz  
Fachdidaktikzentrum Physik  
Universitätsplatz 5  
8010 Graz  
Österreich  
melanie.renner@uni-graz.at

783

**Rochholz, Annika**

Universität Münster  
Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardo-Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland  
annika.rochholz@uni-muenster.de

890

**Rodemer, Marc**

Leibniz-Institut für die Pädagogik der  
Naturwissenschaften und Mathematik  
Abteilung Didaktik der Chemie  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
rodemer@ipn.uni-kiel.de

807

**Rodriguez, Maren**

Goethe-Universität Frankfurt a.M.  
Didaktik der Chemie  
Max-von-Laue-Straße 7  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
rodriguez@chemie.uni-frankfurt.de

169

**Roelle, Julian, Prof. Dr.**

Ruhr-Universität Bochum  
Institut für Erziehungswissenschaft  
Uni-ver-si-täts-stra-ße 150  
44780 Bochum  
Deutschland  
julian.roelle@ruhr-uni-bochum.de

799

**Roetger, Rebekka**

Universität Kassel  
Didaktik der Physik  
Heinrich-Plett-Straße 40  
34132 Kassel  
roetger@physik.uni-kassel.de

62

**Ropohl, Mathias, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Chemiedidaktik  
Schützenbahn 70  
24118 Kiel  
Deutschland  
mathias.ropohl@uni-due.de

568, 333, 592, 803, 576, 572

**Roskam, Annika**

Universität Oldenburg  
Didaktik und Geschichte der Physik  
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11  
26129 Oldenburg  
annika.roskam@uni-oldenburg.de

392

**Rott, Lisa**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Didaktik der Chemie  
l.rott@uni-muenster.de

105

**Roux, Yvonne von, Dr.**

Leibniz Universität Hannover  
Didaktik der Chemie  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
von-roux@idn.uni-hannover.de

934

**Rubitzko, Thomas, Dr.**

PH Ludwigsburg / PSE Stuttgart  
Physik und ihre Didaktik  
Reuteallee 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
rubitzko@ph-ludwigsburg.de

854

**Rumann, Stefan, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
stefan.rumann@uni-due.de

101, 273, 719, 799

**Rüschepöhler, Lilith**

PH Ludwigsburg  
Institute for Science and Technology  
Reutealle 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
rueschenpoehler@ph-ludwigsburg.de

129, 648

**Sacher, Marc D., Dr.**

Universität Paderborn  
Physikalisches Grundpraktikum  
Warburger Str. 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
marc.sacher@uni-paderborn.de

632

**Sadidi, Farahnaz**

Technische Universität Dresden  
Didaktik der Physik  
Haeckelstraße 3  
01062 Dresden  
Deutschland  
farahnaz.sadidi@tu-dresden.de

281

**Sajons, Christin**

Universität Oldenburg  
Didaktik der Physik  
Carl von Ossietzky Straße 9-11  
26111 Oldenburg  
Deutschland  
christin.sajons@uol.de

385

**Schad, Vanessa**

Universität Koblenz-Landau  
Institut für naturwissenschaftliche Bildung  
Fortstraße 7  
76829 Landau in der Pfalz  
Deutschland  
schad@uni-landau.de

683

**Schanze, Sascha, Prof. Dr.**

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
schanze@idn.uni-hannover.de

827

**Schecker, Horst, Prof. Dr.**

Universität Bremen  
IDN - Physikdidaktik  
Otto-Hahn-Allee 1  
28359 Bremen  
Deutschland  
schecker@physik.uni-bremen.de

201, 357

**Schehl, Marie**

Universität Koblenz-Landau

468

**Schmeling, Sascha, Dr.**

CERN  
Geneva 23  
1211 Genf  
Schweiz  
Sascha.Schmeling@cern.ch

715

**Schmid, Andrea Maria**

Pädagogische Hochschule Luzern  
Institut Fachdidaktik Natur,Mensch,Gesellschaft  
Löwengraben 14  
6004 Luzern  
Schweiz  
andrea.schmid3@phlu.ch

747

**Schmitz, Laurence**

Universität zu Köln  
Institut für Chemiedidaktik  
Herbert-Lewin-Straße 2  
50931 Köln  
Deutschland  
laurence.schmitz@uni-koeln.de

408

**Schmitz, Lisa**

Universität Paderborn  
Didaktik der Chemie  
Warburger Straße 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
lisa.schmitz@upb.de

225

**Schmuck, Simon**

Universität Regensburg  
Didaktik der Physik  
Universitätsstrasse 31  
93051 Regensburg  
Deutschland  
simon1.schmuck@physik.uni-regensburg.de

636

**Schneider, Susanne, Prof. Dr.**

Georg-August-Universität Göttingen  
Didaktik der Physik  
Friedrich-Hund-Platz 1  
sschnei@uni-goettingen.de

723

**Scholz, Rüdiger, Dr.**

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Quantenoptik  
Welfengarten 1  
30167 Hannover  
Deutschland  
r.scholz@iqo.uni-hannover.de

556, 560

**Schorn, Bernadette, Dr.**

RWTH Aachen University  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
schorn@physik.rwth-aachen.de

412, 480

**Schrader, Jesco**

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
jesco.schrader@web.de

85

**Schrader, Nicole**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Chemie  
Takustr. 3  
14195 Berlin  
Deutschland  
n.schrader@fu-berlin.de

707

**Schröder, Jan**

RWTH Aachen  
Didaktik der Physik und Technik  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
jkschroeder@physik.rwth-aachen.de

353

**Schubatzky, Thomas**

Universität Graz

743, 209, 217, 213

**Schumacher, Markus, Prof. Dr.**

Universität Freiburg  
Physik  
Deutschland

233

**Schüßler, Katrin, Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
katrin.schuessler@uni-due.de

137, 870

**Schütze, Andreas, Prof. Dr.**

Universität des Saarlandes  
Lehrstuhl für Messtechnik  
Campus A5.1  
66123 Saarbrücken  
Deutschland  
schuetze@lmt.uni-saarland.de

894

**Schwanewedel, Julia, Prof. Dr.**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Sachunterrichtsdidaktik  
Friedrichstraße 194-199  
10117 Berlin  
Deutschland  
julia.schwanewedel@hu-berlin.de

803, 576, 572

**Schwarzer, Stefan, Prof.**

Ludwig-Maximilians-Universität München  
Didaktik der Chemie  
Butenandtstr. 5-13, Haus D  
81377 München  
Deutschland  
stefan.schwarzer@cup.uni-muenchen.de

424

**Schwedler, Stefanie, Dr.**

Universität Bielefeld  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 25  
33615 Bielefeld  
Deutschland  
stefanie.schwedler@uni-bielefeld.de

456

**Schwichow, Martin, Prof. Dr.**

Pädagogische Hochschule Freiburg  
Chemie, Physik, Technik und ihre Didaktiken  
Kunzenweg 21  
79117 Freiburg im Breisgau  
Deutschland  
martin.schwichow@ph-freiburg.de

70, 830

**Seiler, Florian**

Universität Regensburg  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
florian.seiler@ur.de

858

**Silke, Mikelskis-Seifert, Prof. Dr.**

Pädagogische Hochschule Freiburg  
Abteilung Physik  
Kunzenweg 21  
silke.mikelskis-seifert@ph-freiburg.de

77

**Sitzmann, Daniel, Dr.**

MINTFIT Hamburg  
Universität Hamburg  
Rothenbaumchaussee 19  
20148 Hamburg  
Deutschland  
daniel.sitzmann@uni-hamburg.de

918

**Solzbacher, Claudia, Prof. Dr.**

Universität Osnabrück  
Erziehungs- und Kulturwissenschaften  
Heger-Tor-Wall 9  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
csolzbac@uni-osnabrueck.de

659

**Sorge, Stefan**

IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
sorge@ipn.uni-kiel.de

771

**Spatz, Verena, Prof. Dr.**  
Technische Universität Darmstadt  
Didaktik der Physik  
Hochschulstraße 12  
60438 Frankfurt  
Deutschland  
verena.spatz@physik.tu-darmstadt.de

81, 217, 652, 213, 209, 743

**Spitzer, Philipp, Dr.**  
Universität Wien  
AECC Chemie  
Porzellangasse 4/2/2  
1090 Wien  
Österreich  
philipp.spitzer@univie.ac.at

436

**Staacks, Sebastian, Dr.**  
RWTH Aachen University  
2. Physikalisches Institut A  
Templergraben 55  
52062 Aachen  
Deutschland  
staacks@physik.rwth-aachen.de

440, 910

**Stachelscheid, Karin, Prof. Dr.**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
karin.stachelscheid@uni-due.de

381

**Stahl, Achim, Prof. Dr.**  
RWTH Aachen University  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
achim.stahl@physik.rwth-aachen.de

237

**Stampfer, Christoph, Prof. Dr.**  
RWTH Aachen University  
II: Physikalisches Institut  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
stampfer@physik.rwth-aachen.de

910

**Starauschek, Erich, Prof. Dr.**  
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
Physik und ihre Didaktik  
Deutschland  
starauschek@ph-ludwigsburg.de

365, 197, 854

**Stavrou, Dimitris, Prof. Dr.**  
University of Crete  
Department of Primary Education  
Panepistimioupoli Rethymnou  
dstavrou@edc.uoc.gr

420

**Steeagh, Anneke**  
IPN Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstraße 62  
24098 Kiel  
Deutschland  
steegh@ipn.uni-kiel.de

536

**Steffensky, Mirjam, Prof. Dr.**  
IPN Kiel  
Chemiedidaktik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
steffensky@ipn.uni-kiel.de

333

**Stender, Anita, Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 2  
45117 Essen  
Deutschland  
anita.stender@uni-due.de

309

**Strunk, Nadezda**

Universität Hamburg  
Physikdidaktik  
Max-Brauer-Allee 58-60  
22765 Hamburg  
Deutschland  
nadezda.strunk@uni-hamburg.de

261

**Stinken-Rösner, Lisa, Dr.**

Leuphana Universität Lüneburg  
Didaktik der Naturwissenschaften  
Universitätsallee 1, C13  
21335 Lüneburg  
Deutschland  
lisa.stinken@gmail.com

93

**Stubbe, Ulla, M. Sc.**

TU Darmstadt  
Fachdidaktik Chemie  
Alarich-Weiss-Straße 4  
64287 Darmstadt  
Deutschland  
info@disensu.de

644

**Stolzenberger, Christoph, Dr.**

Universität Würzburg  
Didaktik der Physik  
Emil-Hilb-Weg 22  
97074 Würzburg  
Deutschland  
christoph.stolzenberger@physik.uni-wuerzburg.de

584, 906

**Stündl, Sabrina**

Universität Regensburg  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
s.stuendl@t-online.de

588

**Straube, Philipp, Prof. Dr.**

Freie Universität Berlin  
AB Grundschulpädagogik | LB Sachunterricht  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
Deutschland  
philipp.straube@fu-berlin.de

926

**Stürmer, Tatjana Katharina**

Leibniz Universität Hannover  
IDMP- AG Physikdidaktik  
Welfengarten 1A  
30167 Hannover  
Deutschland  
t.stuermer@gmx.net

560

**Striligka, Anastasia**

Universität Oldenburg  
Didaktik der Physik  
Carl von Ossietzky Straße 9-11  
26111 Oldenburg  
Deutschland  
anastasia93@live.com

420

**Sumfleth, Elke, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
elke.sumfleth@uni-due.de

870, 799



**Syskowski, Sabrina**

Pädagogische Hochschule Karlsruhe  
Institut für Chemie  
Bismarckstraße 10  
76133 Karlsruhe  
Deutschland  
syskowski@ph-karlsruhe.de

882

**Tepner, Oliver, Prof. Dr.**

Universität Regensburg  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
Oliver.tepner@ur.de

289, 325, 866, 305, 588, 858

**Szogs, Michael**

Goethe-Universität Frankfurt  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
szogs@physik.uni-frankfurt.de

317, 329, 416, 878

**Thomas, Marcel**

Ruhr-Universität Bochum  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Deutschland  
Marcel.Thomas@ruhr-uni-bochum.de

850

**Tandetzke, Rita**

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Didaktik der Chemie  
Regensburger Str. 160  
90478 Nürnberg  
Deutschland  
rita.tandetzke@fau.de

5, 679

**Tiemann, Rüdiger, Prof. Dr.**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Didaktik der Chemie  
Newtonstr. 14  
ruediger.tiemann@chemie.hu-berlin.de

508, 779, 914, 504

**Teichrew, Albert**

Goethe-Universität Frankfurt  
Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
teichrew@physik.uni-frankfurt.de

464

**Timmerman, Philip**

Ruhr-Universität Bochum  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 150  
45127 Essen  
Deutschland  
philip.timmerman@rub.de

791, 265

**Telser (geb. Enzmann), Victoria**

Universität Regensburg  
Anorganische Chemie  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
Victoria.Enzmann@ur.de

305, 588

**Todorova, Maria, Dr.**

Universität Münster  
Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardo-Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland  
maria.todorova@uni-muenster.de

97, 890, 245, 922, 321

**Tolsdorf, Yannik, Dr.**

LIS Bremen  
Am Weidedamm 20  
y.tolsdorf@uni-bremen.de

133

**Tonyali, Büsra**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
buesra.tonyali@stud.uni-due.de

803

**Trauten, Florian**

Universität Duisburg-Essen  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
florian.trauten@uni-due.de

846

**Trefzger, Thomas, Prof. Dr.**

Universität Würzburg  
Didaktik der Physik  
Emil-Hilb-Weg 22  
97074 Würzburg  
Deutschland  
trefzger@physik.uni-wuerzburg.de

584, 906

**Treiber, Eva**

IPN Kiel  
Didaktik der Mathematik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
treiber@ipn.uni-kiel.de

544

**Ubbe, Malte**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Institut für Didaktik der Physik  
Wilhelm-Klemm-Straße 10  
48149 Münster  
Deutschland  
m\_ubbe02@uni-muenster.de

476

**Ungermann, Matthias**

TU Darmstadt  
Didaktik der Physik  
Hochschulstr. 12  
64289 Darmstadt  
Deutschland  
matthias.ungermann@physik.tu-darmstadt.de

81

**Upmeier zu Belzen, Annette, Prof. Dr.**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie  
Unter den Linden 6  
10099 Berlin  
Deutschland  
annette.upmeier@biologie.hu-berlin.de

508, 504

**Vogelsang, Christoph, Dr.**

Universität Paderborn  
Zentrum für Bildungsforschung und Lehrerbildung  
Warburger Str. 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
christoph.vogelsang@upb.de

345, 48, 189, 353

**Vogt Amacker, Valerie**

Pädagogische Hochschule Luzern  
Fachdidaktik Natur, Mensch, Gesellschaft  
Löwengraben 14  
6004 Luzern  
Schweiz  
valerie.vogt@phlu.ch

600

**Volmer, Miriam**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

317, 321

**Vorholzer, Andreas, Jun.-Prof. Dr.**

Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Didaktik der Physik  
Karl-Glöckner-Straße 21C  
35394 Gießen  
Andreas.Vorholzer@didaktik.physik.uni-giessen.de

516, 313, 862, 504

**Vorst, Helena van, Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
helena.vanvorst@uni-due.de

731, 157, 799

**Wackermann, Rainer, Dr.**

Ruhr-Universität Bochum  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Deutschland  
wackermann@physik.rub.de

759, 850

**Wahl, Martin, Prof. Dr.**

GEOMAR  
Marine Ökologie  
Düsternbrooker Weg 20  
24105 Kiel  
Deutschland  
mwahl@geomar.de

604

**Waitzmann, Moritz**

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover  
IDMP- AG Physikdidaktik  
Welfengarten 1A  
30167 Hannover  
Deutschland  
waitzmann\_mo@yahoo.de

560

**Walkowiak, Malte**

Leibniz Universität Hannover  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
walkowiak@idn.uni-hannover.de

113, 767

**Walpuski, Maik, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
maik.walpuski@uni-due.de

137, 472, 846, 624, 381, 870, 735, 73

**Weber, Jannis**

Goethe-Universität Frankfurt  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt  
Deutschland  
weber@physik.uni-frankfurt.de

795

**Weber, Joé**

Humboldt-Universität zu Berlin

508, 504

**Wehrspohn, Ralf, Prof. Dr.**

MLU Halle-Wittenberg  
Institut für Physik  
Heinrich-Damerow-Str. 4  
6120 Halle  
Deutschland  
ralf.wehrspohn@physik.uni-halle.de

369

**Weirauch, Katja, Dr.**

Universität Würzburg  
Didaktik der Chemie  
Am Hubland  
katja.weirauch@uni-wuerzburg.de

193

**Weisermann, Maria**

IPN an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
weisermann@ipn.uni-kiel.de

424

**Welzel-Breuer, Manuela, Prof. Dr.**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Didaktik der Physik  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
welzel@ph-heidelberg.de

149, 528, 659, 687

**Wenderoth, Dirk, Dr.**

Westermann Gruppe  
Deutschland  
dirk.wenderoth@westermanngruppe.de

815

**Weß, Raphael**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Didaktik der Physik  
Newtonstr. 15  
12489 Berlin  
Deutschland  
raphael.wess@hu-berlin.de

596

**Weßnigk, Susanne, Jun. Prof. Dr.**

Universität Hannover  
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik  
Welfengarten 1  
45141 Essen  
Deutschland  
wessnigk@idmp.uni-hannover.de

556, 815, 560

**Wider, Valentin**

Pädagogische Hochschule Freiburg  
Chemie, Physik, Technik und ihre Didaktik  
Eichberstr 23a  
79117 Freiburg  
Deutschland  
valentin.wider@ph-freiburg.de

830

**Wilhelm, Markus, Prof. Dr.**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Fakultät für Natur- und Gesellschaftswissenschaften  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
wilhelm@ph-heidelberg.de

600

**Wilhelm, Thomas, Prof. Dr.**

Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

691, 201, 213, 699, 795, 715, 209, 217, 743

**Wille, Knut**

Leibniz Universität Hannover  
Arbeitsgruppe Physikdidaktik  
Welfengarten 1a  
30167 Hannover  
Deutschland  
wille@idmp.uni-hannover.de

297

**Windt, Anna, Prof. Dr.**

Universität Münster  
Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardo-Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland  
anna.windt@uni-muenster.de

890, 922, 321

**Woitkowski, David, Dr.**

Universität Paderborn  
Didaktik der Physik  
Warburger Straße 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
david.woitkowski@upb.de

48, 492

**Witzke, Ingo, Prof. Dr.**

Universität Siegen  
Didaktik der Mathematik  
Herrengarten 3  
57072 Siegen  
Deutschland  
witzke@mathematik.uni-siegen.de

361

**Wolf, Nicole, Dr.**

Universität Würzburg  
Didaktik der Physik  
Emil-Hilb-Weg 22  
97074 Würzburg  
Deutschland  
nicole.wolf@uni-wuerzburg.de

584

**Wodzinski, Rita, Prof. Dr.**

Universität Kassel  
Didaktik der Physik  
Heinrich-Plett-Straße 40  
wodzinski@physik.uni-kassel.de

62, 173

**Wulff, Peter**

IPN Kiel  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
wulff@ipn.uni-kiel.de

540

**Wöhlke, Carina**

Universität Hamburg  
Didaktik der Physik  
Max-Brauer-Allee 58/60  
22765 Hamburg  
Deutschland  
carina.woehlke@uni-hamburg.de

257

**Würfl, Katja Dorothee**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Fachdidaktik & Lehr-/ Lernforschung Chemie  
Newtonstr. 14  
12489 Berlin  
Deutschland  
wuerflka@hu-berlin.de

914

**Woithe, Julia**

CERN

715

**Zeller, Diana**

Eberhard Karls Universität  
Didaktik der Chemie  
Auf der Morgenstelle 18  
72076 Tübingen  
Deutschland  
diana.zeller@uni-tuebingen.de

703

**Zimmermann, Franziska**

TU Dortmund  
Didaktik der Chemie  
Otto-Hahn-Straße 6  
44227 Dortmund  
Deutschland  
franziska.zimmermann@tu-dortmund.de

898

**Zimmermann, Stefan**

MINTFIT Hamburg

918

**Zloklikovits, Sarah**

Universität Wien  
AECC Physik  
Porzellangasse 4/2/2/Zimmer 203  
sarah.zloklikovits@univie.ac.at

711

**Zöphel, Nadine, MA Ed.**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Chemie  
Takustr. 3  
14195 Berlin  
Deutschland  
nadinezet@zedat.fu-berlin.de

612

**Zückert, Rebecca**

Universität Tübingen  
Didaktik der Chemie  
Auf der Morgenstelle 18  
72076 Tübingen  
Deutschland  
rebecca.zueckert@uni-tuebingen.de

667

**Zügge, Thomas**

Bergische Universität Wuppertal  
Physik und ihre Didaktik  
Gaußstr. 20  
42119 Wuppertal  
Deutschland  
zuegge@uni-wuppertal.de

181

Die 45. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP) wurde im September 2018 am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel ausgerichtet.

Zum Tagungsthema „Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe“ diskutierten neben den Plenarreferentinnen und -referenten eine große Anzahl an Tagungsgästen.

Der vorliegende Band umfasst die ausgearbeiteten Beiträge der Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

GDGP

[www.gdgp.de](http://www.gdgp.de)