

Sascha Bernholt (Hg.)

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GD_{CP})

Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
Jahrestagung in Hannover 2012

Sascha Bernholt (Hg.)
Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen

Gesellschaft für Didaktik
der Chemie und Physik

Band 33

IPN

Sascha Bernholt (Hg.)

Inquiry-based Learning –
Forschendes Lernen

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
Jahrestagung in Hannover 2012

Die Informationen im vorliegenden Buch werden ohne Rücksicht auf einen eventuellen Patentschutz veröffentlicht. Warennamen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt. Texte und Abbildungen wurden mit größter Sorgfalt zusammengestellt, dennoch sind Fehler nicht auszuschließen. Verlag, Herausgeber sowie die Autorinnen und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Alle Rechte vorbehalten; Vervielfältigungen und Speicherung in elektronischen Medien – auch zum Zwecke der Eigennutzung – sowie die gewerbliche Nutzung von in diesem Buch gezeigten Modellen, Arbeiten etc. sind nicht gestattet.

Bibliographische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-89088-360-1

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCCP)
Herausgeber: Sascha Bernholt
Vorstand: Ilka Parchmann (Sprecherin), Thorid Rabe,
Peter Reinhold, Sascha Schanze

© IPN Kiel 2013

Alle Rechte beim Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN), Olshausenstr. 62, D-24118 Kiel
www.ipn.uni-kiel.de

Inhaltsverzeichnis

SASCHA BERNHOLT	
Vorwort	27
ILKA PARCHMANN	
Einleitung	28
JOSEF LANGE	
Grußwort zur Eröffnung der Jahrestagung	30

Plenarvorträge

DIETMAR HÖTTECKE	
Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten – ein Problemaufriss	32

Vortrag anlässlich der Nachwuchspreisverleihung

SUSANNE HEINICKE	
Aus Fehlern wird man klug - Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion des „Messfehlers“	46

Workshop

LYDIA SCHULZE HEULING & GERALD REUTHER	
Phänomene im leeren Raum - Schauexperimente im Rahmen experimenteller Wissensproduktion	59

Gruppenvorträge

Vortragsblock A

DAVID-SAMUEL DI FUCCIA	
Offenes Experimentieren in der Chemie	62
ANDREAS NEHRING, KATHRIN H. NOWAK, ANNETTE UPMEIER ZU BELZEN & RÜDIGER TIEMANN	
"VerE-Studie" - Modellbasierte Erfassung von Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung der Fächer Chemie und Biologie	65

KATHRIN NOWAK, ANDREAS NEHRING, JAANA BJÖRKMAN, RÜDIGER TIEMANN & ANNETTE UPMEIER ZU BELZEN	
Phasen der Erkenntnisgewinnung im Biologie- und Chemieunterricht	68
JAANA BJÖRKMAN & RÜDIGER TIEMANN	
Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht im internationalen Vergleich - Ergebnisse einer Videostudie	71
HANS-DIETER KÖRNER & ROGER ERB	
Zur Bedeutung von Experimenten bei der Erkenntnisgewinnung	74
STEFAN SCHROEDTER & HANS-DIETER KÖRNER	
Kognitive Prozesse bei der Beobachtung von Experimentaldaten	77
MARCUS BÖHRET & HANS-DIETER KÖRNER	
Einfluss von Unterrichtstätigkeiten auf die Entwicklung prozessorientierter Kompetenzen und der fachbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung	80
ANNA STOLZ & ROGER ERB	
Experimentiersituationen mit unterschiedlichem Öffnungsgrad	83
CHRISTIAN MÉZES & ROGER ERB	
Zur Motivation beim Experimentieren	86
KATHARINA FRICKE & HANS E. FISCHER	
Die Rolle von Klassenführung für physikbezogene Unterrichtsergebnisse	89
MAJA BRÜCKMANN & MANFRED EULER	
Energiebildung in der Schule – Eine Bestandsaufnahme aus der Praxis	92
LARISSA GREINERT, CHRISTINA TUNKE & MICHAEL KOMOREK	
Dual Search von Physiklehrkräften im Hypothesen- und Experimentraum	95
ADEJOKE ADESOKAN & CHRISTIANE S. REINERS	
Zur Förderung naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen bei Schülerinnen und Schülern mit Hörschädigung im Chemieunterricht	98
RÜDIGER KRAUß & VOLKER WOEST	
Naturwissenschaft am Förderzentrum	101
CHRISTOPH GUT & PETER LABUDDE	
HarmoS-Projekt: Validitätsanalyse des large-scale Experimentiertests	104

NICO SCHREIBER, HEIKE THEYßEN & HORST SCHECKER	
Messung experimenteller Kompetenz auf Populationsebene	107
ANDREA SCHUMACHER & CHRISTIANE S. REINERS	
Authentizität im Chemieunterricht – Wegbereitung in der Lehrerbildung	110

Vortragsblock B

LARS-JOCHEN THOMS & RAIMUND GIRWIDZ	
Scaffolding Inquiry-Based Learning in Remotely Controlled Laboratories	113
MEIKE BERGS & MAIK WALPUSKI	
Strategienutzung in realen und virtuellen Experimentierumgebungen	116
CHRISTIAN MAURER & KARSTEN RINCKE	
Zielgerichtetes Experimentieren	119
JENNA SÄNGER, MARKUS EMDEN & ELKE SUMFLETH	
Methoden zur Förderung naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens	122
KERSTIN BRAUSEWETTER	
Naturwissenschaften für Fachkräfte - Inhalte, Aufgaben, Ziele	125
MARKUS PESCHEL	
Gute Aufgaben für forschendes Lernen im experimentierenden Sachunterricht	128
SVEN SOMMER	
Langzeituntersuchung Lernen an interaktiven Exponaten	131
INGRID WOTTLE-JACOB	
Naturwissenschaftliche Problemlöseaufgaben für interessierte und begabte Grundschul Kinder	134
SILKE MIKELSKIS-SEIFERT, ARNE FREISFELD & CORINNE KNITTEL	
Bewertungskompetenz – eine Schulbuchanalyse	137
CORINNE KNITTEL & SILKE MIKELSKIS-SEIFERT	
Wie verändert Unterricht das Bewerten? - Messinstrumente/Modelle/Erkenntnisse	140

JULIA HEINRICHS & DAVID-SAMUEL DI FUCCIA	
Möglichkeiten der Diagnose und Förderung von Bewertungskompetenz	143
MARK SAKSCHEWSKI, SUSANNE BÖGEHOLZ, SABINA EGGERT, RENA MEYER & SUSANNE SCHNEIDER	
Bewertungskompetenz im Physikunterricht: Erste Ergebnisse einer Studie mit Lautem Denken	146
MARK SAKSCHEWSKI, SUSANNE BÖGEHOLZ, SABINA EGGERT & SUSANNE SCHNEIDER	
Messinstrument zum Basiskonzept Energie für Bewertungskompetenz: Ergebnisse zum Bewerten, Entscheiden und Reflektieren	149
INES UNVERRICHT & MANUELA NIETHAMMER	
Ein Leitinstrument für die Analyse von betrieblichen Zusammenhängen	152
SANDRA LEIN & GESCHE POSPIECH	
Akademische Arbeitsinhalte im Unterricht – eine lösbare Aufgabe für Lehramtsstudierende der Physik und Chemie?	155
THOMAS PRESTEL, GESINE SEIDEL, GESCHE POSPIECH & MANUELA NIETHAMMER	
Projekt Naturwissenschaft trifft Kunst - didaktische Einordnung	158
ANNIKA FRICKE & HORST SCHECKER	
Hypermedia-Skripte im Physikalischen Praktikum	161
OLAF KREY & THORID RABE	
Physikdidaktischer Kompetenzerwerb im Praktikum "Physikalische Schulexperimente"	164
REINDERS DUIT	
Globalisierung und Naturwissenschaftsdidaktik	167

Vortragsblock C

CLAUDIA FISCHER, KAREN RIECK & BRIGITTE DÖRING	
"SINUS an Grundschulen" - Mathematik und Naturwissenschaften entwickeln	170
STEFAN ZEHETMEIER & KONRAD KRÄINER	
Das Projekt IMST in Österreich	173

CLAUDIA STÜBI & PETER LABUDDE	
Swiss Science Education - Innovative Unterrichtsentwicklung an Schulen	176
CLAUS BOLTE & SABINE STRELLER	
PROFILES I: Von der Theorie zur Praxis	178
CLAUS BOLTE & SABINE STRELLER	
PROFILES I: Education through Science/Bildung durch Naturwissenschaften	180
PETER LABUDDE & JOHANNES BÖRLIN	
Inquiry-Based Learning: Versuch einer Einordnung zwischen Bildungsstandards, Forschungsfeldern und PROFILES	183
CLAUS BOLTE, MICHAEL ALBERTUS & NINA BERTELS	
Potenzielle Faktoren chemiebezogener Berufswahlentscheidungen – Entwicklung eines Fragebogens zur Analyse fachbezogener Entwicklungsaufgaben	186
THERESA SCHULTE & CLAUS BOLTE	
Naturwissenschaftliche Bildung im Meinungsbild internationaler Stakeholder	189
SABINE STRELLER & CLAUS BOLTE	
PROFILES II: Beispiele aus der Projektpraxis	192
SABINE STRELLER	
PROFILES in der Lehramtsausbildung	194
VINCENT SCHNEIDER & CLAUS BOLTE	
Stages of Concern angehender Chemielehrer/-innen hinsichtlich IBSE	197
CLAUS BOLTE, TUULA KEINONEN, THOMAS MÜHLENHOFF & KARI SORMUNEN	
PROFILES Unterricht im Urteil von Schülern aus Finnland u. Deutschland	200
NORA FERBER, MARKUS EMDEN & ELKE SUMFLETH	
Kompetenzentwicklung im Fachwissen Chemie in der Sekundarstufe I	203
FELIX SCHOPPMEIER, ANDREAS BOROWSKI & HANS E. FISCHER	
Validierung eines Kompetenzmodells für Physik in der Sekundarstufe II	206

HILDEGARD URBAN-WOLDRON	
Das Verständnis der Elektrizitätslehre überprüfen	209
CAROLINE KÖRBS & RÜDIGER TIEMANN	
Mindeststandards im Chemieunterricht am Ende der Pflichtschulzeit	212
CHRISTOPH STOLZENBERGER & THOMAS TREFZGER	
Der Einfluss der didaktischen Lernumgebung auf das Erreichen geforderter Bildungsziele am Beispiel der W- und P-Seminare im Fach Physik	215
RAINER WACKERMANN & BURKHARD PRIEMER	
Tiefenstrukturen im Physikunterricht mit Schülerexperimenten	218
MAXIMILIAN BARTH & GUNNAR FRIEGE	
Interviewstudie zur Einbettung von Experimenten in den Kursunterricht	221

Vortragsblock D

MAREIKE KLOSTERMANN, MAIKE BUSKER & ILKA PARCHMANN	
Erwartungen und Einstellungen von Chemie-Studierenden	224
KATJA FREYER, MATTHIAS EPPLE & ELKE SUMFLETH	
Bestimmung des Studienerfolgs Erstsemesterstudierender im Fach Chemie	227
STEFANIE HERZOG & ILKA PARCHMANN	
Fachwissen von Lehramtsstudierenden zum Struktur-Eigenschafts-Konzept	230
VAHIDE TASKIN, SASCHA BERNHOLT & ILKA PARCHMANN	
Fachwissen von Lehramtsstudierenden zu chemischen Repräsentationen	233
ANITA STENDER, MAJA BRÜCKMANN & KNUT NEUMANN	
Untersuchung zum Zusammenhang zwischen professioneller Handlungskompetenz und Unterrichtsplanung	236
MANDY METZNER & MANUELA WELZEL-BREUER	
Handlungskompetenz von Erziehern	239
CHRISTOPH VOGELSANG & PETER REINHOLD	
Die Rolle universitären Wissens für das Unterrichtshandeln	242
DAVID WOITKOWSKI, JOSEF RIESE & PETER REINHOLD	
Fachwissen Physik – Innere Struktur und Faktoren des Wissenserwerbs	245

NICOLA MESCHEDE, MIRJAM STEFFENSKY, MARCO WOLTERS & KORNELIA MÖLLER	
Professionelle Unterrichtswahrnehmung (angehender) Lehrkräfte hinsichtlich der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht (Das Projekt ViU: Early Science)	248
MARTIN DRAUDE & RITA WODZINSKI	
Diagnosekompetenz von Lehrkräften beim computergestützten Experimentieren	251
JAN-HENRIK KECHEL & RITA WODZINSKI	
Erfassung von Lernschwierigkeiten bei computergestützten Experimenten	254
KATHARINA GROß & CHRISTIANE S. REINERS	
Experimente alternativ dokumentieren - Möglichkeiten zur Differenzierung und Diagnose im Chemieunterricht?!	257
MARTIN LINDNER & STEPHAN DOMSCHKE	
Das EU-Projekt ESTABLISH: MINT-Bildung unter Einbeziehung aller Beteiligten	260
SASCHA GEORGES, ANDREAS AMMANN & MARTIN LINDNER	
MINT im Lehramtsstudium - Eine Untersuchung zur Akzeptanz	263
LOUISE BINDEL & MARTIN LINDNER	
ESTABLISH: Policy making im MINT-Bereich	266
THOMAS AMENDA, HORST SCHECKER & CHRISTOPH KULGEMEYER	
Bedeutung fachlicher Elementarisierungen für das Verständnis der Kinematik	269
MAREIKE BOLTEN & VERENA PIETZNER	
Einsatz von Visualisierungen in Grundlagenvorlesungen der Chemie	272
ANJA GÖHRING	
Modellversuch NWT - naturwissenschaftlich integrierte Lehrerbildung	275
NICOLA GROEBBRAHM & STEFAN RUMANN	
Elemente chemiedidaktischer Lehrerbildung - Erste Ergebnisse einer Interventionsstudie	278
NINA WEGNER & RÜDIGER TIEMANN	
Inquiry Learning - ein Konzept für die universitäre Lehrerbildung	281

Vortragsblock E

CHRISTOPHER ACHENBACH & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER	
Bringt der Kontext wirklich was? (Erste) Ergebnisse einer Interventionsstudie	284
FLORIAN SCHEFFLER, RITA TANDETZKE & ANDREAS KOMETZ	
Chemie ist keine Hexerei - Untersuchungen zur Wahrnehmung von Kindern bei Schauvorlesungen	287
BIANCA WATZKA & RAIMUND GIRWIDZ	
Aufgabenformate und Kontextorientierung beim Physiklernen mit Sensoren	290
NERMIN ÖZCAN & ELKE SUMFLETH	
Sprachförderung im Chemieunterricht	293
MATHIAS IHNE & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER	
Wie lernen Hochbegabte Physik?	296
MANUELA LEHNEN & STEFAN RUMANN	
Naturwissenschaftliche und fächerübergreifende Problemlösekompetenz	299
RONNY SCHERER & RÜDIGER TIEMANN	
Modellierung von Kompetenzveränderungen beim komplexen Problemlösen im Fach Chemie	302
MOHAMED SHAHAT, ANNIKA OHLE & HANS E. FISCHER	
Fostering Problem Solving Abilities for Egyptian Physics Classes	305
SABINE FECHNER & ALEXANDER KAUERTZ	
Merkmale von Kontexten in Chemie und Physik	308
HELENA VAN VORST, SABINE FECHNER & ELKE SUMFLETH	
Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie	311
ALEXANDRA DORSCHU, HEIKO KRABBE, ALEXANDER KAUERTZ & HANS E. FISCHER	
Kontexte in Kompetenztests: schwierigkeiterzeugende Faktoren	314
CORVIN ZAHN & UTE KRAUS	
Allgemeine Relativitätstheorie in der Schule	317

MARTIN ERIK HORN	
Die Raumzeit-Algebra der (3x3)-Matrizen	320
STEFAN RICHTBERG & RAIMUND GIRWIDZ	
Livebild & Funktionsgraph – Echtzeitüberlagerung beim Experimentieren	323
GESCHE POSPIECH	
Mathematisierung aus Sicht von Schülern der Sekundarstufe I	326
ALEXANDER STRAHL, SABRINA THIELE & RAINER MÜLLER	
Formeln in Physik(schul)büchern - eine quantitative Untersuchung	329
SEBASTIAN KORFF & MARTIN PANUSCH	
Analyse von mathematischem Kompetenzerwerb mit dem Rasch-Modell	332
BERND BÜHLER	
Zufall und Notwendigkeit in den Vorstellungen von Jugendlichen	335
INES SCHMIDT & DAVID-SAMUEL DI FUCCIA	
Mathematische Modelle im Chemieunterricht	338

Vortragsblock F

EDVIN ØSTERGAARD	
Foucaults Pendel: wissenschaftliche und ästhetische Dimensionen	341
AKSEL HUGO	
Raumbedingungen des forschenden Lernens	344
FLORIAN THEILMANN	
Genetisches Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften?	347
LYDIA MURMANN, MARKUS REHM & PETER BUCK	
Phänomenologische Prämissen für Inquiry Based Learning	350
ARNE DITTMER, JÜRGEN MENTHE, ULRICH GEBHARD & DIETMAR HÖTTECKE	
Hamburger Perspektiven auf Bewertungskompetenz	353
JÜRGEN MENTHE & PETER DÜKER	
Wie Subjekte urteilen und entscheiden - Habitus, Intuitionen, implizites Wissen und bewährte Strategien	356

DIETMAR HÖTTECKE	
Subjektive Orientierungen beim Urteilen und Entscheiden - Das Beispiel Klimawandel	359
ULRICH GEBHARD	
Die explizite Reflexion impliziter Welt- und Menschenbilder als konstitutiver Anteil ethischer Bewertungskompetenz: Der Ansatz der Alltagsphantasien	362
ARNE DITTMER	
Das philosophische Gespräch im naturwissenschaftlichen Unterricht	365
BRIGITTE KOLIANDER & ANJA LEMBENS	
„Lohnt sich der Aufwand?“ – Inquiry und Erwartungen der Lehrer/innen	368
ULRIKE BÖHM, SUSANNE NARCISS & GESCHE POSPIECH	
Keine Lust auf Physikunterricht? Eine Veränderung der Motivation von Studierenden im Grundschullehramt ist zwingend notwendig	371
TERESA HENNING, RAINER MÜLLER & ALEXANDER STRAHL	
Kontextorientierte Aufgaben in der Hochschuldidaktik	374
BENBETKA MAHDI, AHMED LATEF & MAHDI ABDELLAH	
Die Vorstellungen von Studenten der Mittelstufe und ihr Einfluss auf Lehrerbildung (am Beispiel der Wärmelehre)	377
SIMONE ABELS, HANNAH BUSCH, ANJA LEMBENS, SANDRA PUDDU & BERND RALLE	
Eine Klasse, viele SchülerInnen - Vielfalt im Naturwissenschaftsunterricht	380
SIMONE ABELS	
Diversität und Heterogenität – eine theoretische und normative Verortung im Naturwissenschaftsunterricht	383
SANDRA PUDDU & ANJA LEMBENS	
Einführung von Inquiry-based Learning in einer Klasse mit hoher Diversität	386
HANNAH BUSCH & BERND RALLE	
Fachsprachliche Kompetenzen in heterogenen Lerngruppen fördern	389
FRIEDERIKE KORNECK, LARS OETTINGHAUS & JAN LAMPRECHT	
Überzeugungen von Physiklehrern: Determinanten und Konsequenzen	392

LARS OETTINGHAUS, FRIEDERIKE KORNECK & JAN LAMPRECHT	
Überzeugungen von Physiklehrern: Vorarbeiten für ein Regressionsmodell	395
ANDREAS HENKE & DIETMAR HÖTTECKE	
Entwicklung von Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften im Rahmen forschenden Lernens und historischer Fallstudien	398
NORMAN F. RIEHS & STEFAN RUMANN	
Messung des Grades an Wissenschaftlichem Realismus: Validierungsstudie	401
LYDIA SCHULZE HEULING, MATTHIAS NÜCKLES & SILKE MIKELSKIS-SEIFERT	
Wissenschaftsverständnis und Lehr-Lernmethoden - Eine explorative Studie anhand der Physik	404

Vortragsblock G

ANNI HEITZMANN	
Technikunterricht – auch in den Naturwissenschaften: Das Beispiel "exreTu" - eine Auseinandersetzung mit dem Thema Technik vor dem Hintergrund des "Inquiry Based Learning"	407
ANNI HEITZMANN, KARIN GÜDEL & FRANZ THEILER	
Forschendes Lernen mit "exreTu": Expliziter, reflektiver Technikunterricht	410
KARIN GÜDEL, NETKEY SAFI & ANNI HEITZMANN	
Technik und Technikunterricht: Nützlich und/oder interessant?	413
NETKEY SAFI, KARIN GÜDEL & ANNI HEITZMANN	
Technische Kompetenz erwerben – aber wie?	416
GOTTFRIED MERZYN	
Harte Naturwissenschaften - was steckt hinter diesem Begriff?	419
KATRIN BÖLSTERLI, MARKUS REHM & MARKUS WILHELM	
Welche Kluft besteht zwischen Fachdidaktikern und Lehrpersonen in Bezug auf die Gewichtung kompetenzorientierter Lehrmittelkriterien?	422
STEFAN SCHMIT, SEBASTIAN PETERS & MICHAEL KOMOREK	
Physikschulbücher als Lernmaterialien!?	425

SEBASTIAN PETERS, STEFAN SCHMIT & MICHAEL KOMOREK Didaktisch designte Lernmaterialien für den Physikunterricht	428
CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, JOACHIM ROTTENSTEINER & MARTIN HOPF Akzeptanzbefragung zu Optikunterrichtsmaterialien	431
JOCHEN KUHN & PATRIK VOGT N.E.T: New Media Experimental Tools - Theoretischer Hintergrund, Beispiele und erste Erkenntnisse zum Experimentieren mit Smartphones & Co	434
PATRIK VOGT, JOCHEN KUHN & ANDREAS FINKLER Experimente mit Smartphones und externen Sensoren	437
SEBASTIAN MENDEL, ANDRÉ BRESGES & JOACHIM HEMBERGER Experimente zur Videoanalyse mit dem Tablet-PC	440
THOMAS WILHELM Chancen und Probleme von Beschleunigungssensoren	443
SASCHA SCHANZE & BERNHARD SIEVE IWB-Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht? Ja, aber wie?	446
BERNHARD SIEVE & SASCHA SCHANZE Was denken MINT-Lehrer über ihren Umgang mit dem interaktiven Whiteboard?	449
DAVID OBST & GESCHE POSPIECH Einsatz interaktiver Tafeln im Physikunterricht	452
MARCUS KOHNEN & KATHRIN RACHERBÄUMER Übergänge ohne Brüche?! Individualisierter Unterricht im MINT Bereich	455
ANGELIKA WOLF & MATTHIAS LAUKENMANN Mehrebenenanalyse der Zusammenhänge von Eigenständigkeit, Selbstbestimmung, Motivation und Lernerfolg im Physikunterricht an Realschulen	458
MARIA EGBERS & ANNETTE MAROHN Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption "choice2learn"	461

SEBASTIAN RITTER, ECKART HASSELBRINK & ELKE SUMFLETH	
Der Einfluss des Lerninhalts "Nano-Größeneffekte" auf Teilchen- und Modellvorstellungen von Schülerinnen und Schülern	464
MARIANNE KÖRNER, HILDEGARD URBAN-WOLDRON & MARTIN HOPF	
Cross Age Peer Tutoring in Physik – Rolle und Lernerfolg	467

Vortragsblock H

JOHANNES BÖRLIN & PETER LABUDDE	
Das Experiment = eine Lerngelegenheit? Ergebnisse aus der trinationalen Videostudie "Quality of Instruction in Physics"	470
CHRISTIAN SPODEN & HANS E. FISCHER	
Kompetenzzuwächse im Physikunterricht: Multifaktorielle Analysen	473
NADJA BELOVA, TIMO FEIERABEND & INGO EILKS	
Rollenspiele über den Klimawandel	476
ANJA GOTTWALD & GISELA LÜCK	
Bifokales Experimentieren und die Sprachentwicklung von Grundschulkindern	479
MARIO HOFFMANN & CLAUS BOLTE	
C-Tests zur Diagnose fachbezogener sprachlicher Kompetenzen	482
DANIEL KECK, FLORIAN SARKA & ERICH STARAUSCHEK	
Welche Schüler nutzen Physik-Onlineforen wozu? Eine explorative Studie	485
JESSIE BEST, MEIKE WILLEKE, GESCHE POSPIECH & ANTJE HEINE	
Das EU-Projekt SECURE (Science Education CURriculum REsearch)	488
KATHRIN STECKENMESSER-SANDER & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER	
Bearbeiten Mädchengruppen physikbezogene Aufgaben anders als Jungengruppen?	491
CLAUDIA MEINHARDT, OLAF KREY & THORID RABE	
Studienwahlmotive (SWM) Physik-Lehramtsstudierender - Ausgewählte Ergebnisse	494
IVO HÄUSLE & MANUELA WELZEL-BREUER	
Erneuerbare Energie: Fortbildung für ErzieherInnen	497

SÖNKE GRAF & MANUELA WELZEL-BREUER	
Analyse von Kommunikationsprozessen in einer naturwissenschaftlichen Lehrerfortbildung	500
SIMON ZANDER, HEIKO KRABBE & HANS E. FISCHER	
Lehrerfortbildung und Lernzuwächse im Fachwissen	503
RICARDO KARAM	
Formale Analogien in der Physik-Lehramtsausbildung	506
KAMEN ALEXANDER MANTSCHER & REINHARD PASTILLE	
K3NAT: Evaluationskonzepte für die Sprachaktivierung im NAT-Unterricht	509
STEFAN MUTKE & OLIVER TEPNER	
Entwicklung des Professionswissens im Fach Chemie in den ersten sechs Monaten des Referendariats	512
INGRID KRUMPHALS, JOSEF RIESE, PETER REINHOLD & MARTIN HOPF	
Wirksamkeit der Physiklehrerfortbildung in Österreich	515
SOPHIE KIRSCHNER, ANDREAS BOROWSKI & HANS E. FISCHER	
Die Modellierung des Professionswissens von Physiklehrkräften	518

Poster

CHRISTOPH KULGEMEYER	
Professionswissen von Lehramtsstudierenden der Physik und der Chemie - Einführung in das Postersymposium	521
ELISABETH TOMCZYSZYN, CHRISTOPH KULGEMEYER & HORST SCHECKER	
Physik erklären - Erklärungswissen von Physikstudierenden	524
YVONNE GRAMZOW, JOSEF RIESE & PETER REINHOLD	
Innere Struktur und Operationalisierung fachdidaktischen Wissens	527
MARTIN WALZER, HANS E. FISCHER & ANDREAS BOROWSKI	
Fachwissen im Studium zum Lehramt der Physik	530
JOCHEN KRÖGER, KNUT NEUMANN & STEFAN PETERSEN	
Messung professioneller Kompetenz im Fach Physik	533

STEFANIE HERZOG, VAHIDE TASKIN, SASCHA BERNHOLT, MIRJAM STEFFENSKY & ILKA PARCHMANN	
Entwicklung eines Instruments zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens von Chemie-Lehramtsstudierenden	536
PHILIPP STRAUBE & VOLKHARD NORDMEIER	
Längsschnitt zur SI-Kompetenzerfassung Physik(Lehramts)-Studierender	539
MARKUS PESCHEL, HILDE KÖSTER & MONIKA ZIMMERMANN	
Forschendes Lernen in der Frühpädagogik und im Sachunterricht	542
ANNEGRET SCHUMACHER & MARKUS PESCHEL	
Forschendes Lernen im Grundschullabor für Offenes Experimentieren (GOFEX)	545
MONIKA ZIMMERMANN	
Maßnahmen und Effekte eines Professionalisierungsmodells zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung	548
CHRISTINE WALDENMAIER, HILDE KÖSTER, BERNHARD MÜLLER & JÖRG NICHT	
Zur Engagiertheit von Kindern beim Experimentieren	551
JOCHEN LUTTENBERGER, MONIKA ZIMMERMANN & MANUELA WELZEL- BREUER	
Experimentiermaterial für Kindergarten- und Grundschulkindern - Feedback aus der Praxis	554
KIRSTEN RICHTER, FRITZ SCHLIEßMANN & SIMON CLAUSEN	
Die Bedeutung des Genetischen Gesprächs bei Fortbildungen	557
STEFANIE CARELL & MARKUS PESCHEL	
Forschendes Lernen im Web 2.0 – kidipedia	560
DANIELA KRISCHER & MARTIN GRÖGER	
Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten - eine Konzeptidee	563
MARKUS PRECHTL	
Vorbilder für Mädchen im Chemie-/Physikunterricht	566
PHILIPP SPITZER, MARKUS PRECHTL & MARTIN GRÖGER	
Risikoverhalten und maskuline Performanz von Jungen im Chemieunterricht	569

PHILIPP SPITZER & MARTIN GRÖGER	
Chemie in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten schon im Sachunterricht	572
EDUARDO BACQUET-PÉREZ & MANUELA WELZEL-BREUER	
Entstehung von Gerichtetheit bei Kindern in schwierigen Lebenslagen innerhalb einer naturwissenschaftlichen Lernumgebung: eine Fallstudie	575
ALINA KINSCHER & STEFAN RUMANN	
Individuelle Förderung - Durch individuell zugeordnete Aufgaben und formatives Assessment	578
INGA KALLWEIT & INSA MELLE	
Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht - Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen	581
SANDRA ANUS & INSA MELLE	
Diagnose und individuelle Förderung im Chemieunterricht - Konzeption und Evaluation einer Fördereinheit	584
MARTIN DICKMANN & HEIKE THEYßEN	
Curriculare Validität von Units zur Messung experimenteller Kompetenz	587
STEPHANIE TRUMP & ANDREAS BOROWSKI	
Notwendige Mathematik in der Physik (Sek II)	590
MARTIN SCHWICHOW & HENDRIK HÄRTIG	
Überprüfung eines Modells zur Entwicklung experimenteller Kompetenz	593
HEIKE THEYßEN, HORST SCHECKER, KNUT NEUMANN, MARTIN DICKMANN & BODO EICKHORST	
Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments	596
JAN CHRISTOPH HADENFELDT & KNUT NEUMANN	
Die Entwicklung der Kompetenz im Umgang mit dem Materiekonzept	599
SÖREN PODSCHUWEIT, MAJA BRÜCKMANN & SASCHA BERNHOLT	
Videobasierte Erfassung der Komplexitätsentwicklung im Chemie- und Physikunterricht	602
MELANIE WÄCHTER & ALEXANDER KAUERTZ	
Förderung argumentativer Fähigkeiten im Physikunterricht	605

SVEN C. LIEPERTZ & ANDREAS BOROWSKI	
Fachwissen, Sachstruktur und Lernerfolg im Physikunterricht	608
JAN HOFMANN & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER	
Entwicklung und Evaluation einer videogestützten Lehrerfortbildung	611
ANNA SCHMITT & INSA MELLE	
Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung experimenteller Untersuchungsmethoden	614
ALEXANDER KOCH & PETER LABUDDE	
Vom Wissen zu(m) Handeln: Ein Bildungstraum?	617
MAIKE SCHMIDT, KATHARINA FRICKE & STEFAN RUMANN	
Ausbildung und Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften	620
INGO BREBECK, ELKE SUMFLETH & ANNETT SCHMECK	
Einfluss selbstregulierten Lernens auf den Lernerfolg an Hochschulen	623
STEPHANIE ELLER & VOLKHARD NORDMEIER	
Beliefs zur Erkenntnisgewinnung und Struktur des Wissens in der Physik	626
ALEXANDER STRAHL, AXEL EGHTESSAD, KERSTIN HÖNER, RAINER MÜLLER, MAIKE LOOß, DAGMAR HILFERT-RÜPELL, VERENA PIETZNER & KONSTANTIN KLINGENBERG	
Auf alle Fälle Experimente? Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum Einsatz von Experimenten	629
KERSTIN PATZWALDT & RÜDIGER TIEMANN	
Learning to Do Inquiry - Wie experimentieren Chemie-Lehramtsstudenten?	632
THORID RABE, OLAF KREY & CLAUDIA MEINHARDT	
Physikdidaktische Selbstwirksamkeitserwartungen zukünftiger Physiklehrkräfte I	635
THORID RABE, OLAF KREY & CLAUDIA MEINHARDT	
Physikdidaktische Selbstwirksamkeitserwartungen (zukünftiger) Lehrkräfte II - eine Projektskizze	638
JURIK STILLER & RÜDIGER TIEMANN	
Scientific Inquiry im Studium - Längsschnitt zur Kompetenzerfassung im Lehramt Chemie	641

CHRIS RICHTER & MICHAEL KOMOREK	
Aufgabenkompetenz in Physikfachgruppen an Haupt- und Realschulen	644
KRISTINA HOCK, MICHAEL ANTON, SIMONE KREES, MICHAEL TAUSCH, JOACHIM ZDZIEBLO & ANGELIKA BADER	
CHEM2DO – Schulversuchskoffer mit Fortbildungskonzeption	647
EVI-MARIA MÖDL & KRISTINA HOCK	
CHEM2DO - Praxistauglichkeit in ausgewählten Aspekten	650
ILSE BARTOSCH	
BLUKONE - Blended Learning Unterrichtskonzept für Nachhaltiges Energiemanagement	653
ANJA GABELER & MAIKE TESCH	
Physikdidaktische Lehre mit Videoclips – Offenes Experimentieren	656
MAIKE TESCH, JENS ASCHENBRUCK, SEBASTIAN HOHENSTEIN, ANDREA SCHMIDT & JÖRG SEUME	
Technik entdecken - Schüler-Lehrer-Tag an der Universität Hannover	659
MARTIN HAWNER, THOMAS TREFZGER & SASCHA SCHMELING	
Experimente mit kosmischen Teilchen im Netzwerk Teilchenwelt	662
SILVIJA MARKIC, INGO EILKS, DAVID DI FUCCIA & BERND RALLE	
Issues of Heterogeneity and Diversity in Science Education and Science Education Research	665
THOMAS ROBBEGALLE & BERND RALLE	
Konzepte Lernender zu Zusammensetzung und Dynamiken der Atmosphäre: Erste Ergebnisse einer Interviewstudie und Konsequenzen für eine didaktische Strukturierung des Lerngegenstandes	668
BERND SCHÜSSELE, ELMAR STAHL & SILKE MIKELSKIS-SEIFERT	
Veränderung des Wissenschaftsverständnisses von Lehramtsstudierenden im Rahmen eines „Learning by Design“-Ansatzes	671
DAVID BUSCHHÜTER, FELIX SCHOPPMEIER & ANDREAS BOROWSKI	
Physikkompetenz in der Studieneingangsphase	674
JAN HEIDRICH, KNUT NEUMANN & STEFAN PETERSEN	
Entwicklung und Validierung eines Experimentiertests	677

DENNIS KUBIN & GUNNAR FRIEGE	
Unterstützende E-Aufgaben in der Physikausbildung für Mediziner	680
FRANCO RAU, OLAF KREY & THORID RABE	
Fallstudien zum Wiki-gestützten Praktikum "Physikalische Schulexperimente"	683
IRINA SCHWARZ, CHRISTIAN EFFERTZ & HEIDRUN HEINKE	
Untersuchungen zur Nachbereitungsform „Protokoll“ im Physikpraktikum für Biologie-Studierende	686
HEIKE THEYßEN, SARAH STRUZYNA, CHRISTIN HEINZE, RALF WIDENHORN & ELLIOT MYLOTT	
Online-Versuche „Physik für Mediziner“ im internationalen Vergleich	689
MIRA LAUX, KORNELIA MÖLLER & KIM LANGE	
Schulstufenspezifische Unterschiede bzgl. der Implementierung von praktischen Aktivitäten im naturwissenschaftlichen Unterricht	692
CLARA TRINKL, HILDEGARD URBAN-WOLDRON, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER & MARTIN HOPF	
Blicke auf Lernprozesse zu Lichtausbreitung und Schatten beim Cross-Age-Peer-Tutoring	695
ANDREAS TRAUTMANN & ALEXANDER KAUERTZ	
Effekte von Lernbegleitung auf den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess	698
DESIREE HEINE & ALEXANDER KAUERTZ	
Naturwissenschaftliche Problemlöseprozesse von Grundschulern	701
ANKE SCHÜRMAN & CLAUS BOLTE	
Dialogisches Lernen in den Naturwissenschaften mit Grundschulkindern	704
ANTJE HEINE, MEIKE WILLEKE, JESSIE BEST & GESCHE POSPIECH	
Vom Sachunterricht zum Fachunterricht	707
UTE KRAUS & CORVIN ZAHN	
Forschendes Lernen im Schülerlabor Raumzeitwerkstatt	710
HELEN KROFTA, JÖRG FANDRICH & VOLKHARD NORDMEIER	
Praxisseminare im Schülerlabor: Forschendes Lernen im Lehramtsstudium	713

NICOLE POPPE, ANTJE SIOL, SILVIJA MARKIC, INGO EILKS, JÖRG THÖMING, WALTER ZEHREN, ANGELA MUNNIA, JOHANNES HUWER & ROLF HEMPELMANN	
Chemie und Nachhaltigkeit in Schule und Schülerlabor	716
JULIA SUCKUT	
Spektroskopie im Schülerlabor - Vorstellung eines Oberstufenprojekts für Chemie- und Physikkurse	719
SUSANNE WEBNIGK & MANFRED EULER	
Untersuchung von Instrumenten zur Interesseentwicklung im Schülerlabor	722
JAN RUHRIG, MALTE OHLSEN & DIETMAR HÖTTECKE	
Lehrerperspektiven auf unsichere Evidenz I: Projektziele, -design und Erhebungsinstrument	725
JANNE KRÜGER, JAN RUHRIG & DIETMAR HÖTTECKE	
Lehrerperspektiven auf unsichere Evidenz II: Ergebnisse einer Gruppendiskussionsstudie	728
TOBIAS LUDWIG & BURKHARD PRIEMER	
Argumentationen bei nicht-hypothesenkonformen Ergebnissen in Real- und Simulationsexperimenten	731
KERRIN RIEWERTS	
Bildung Älterer in naturwissenschaftlichen Kontexten	734
DILEK YALMAN, CAROLINE KÖRBS & RÜDIGER TIEMANN	
Development of learning design skills for enhancing students' key competencies	737
THOMAS KELLERMANN, MICHAEL FREKING & ROLAND BERGER	
Mechanik spielend lernen? – Eine Studie auf der Basis eines Computerspiels	740
ANTONY CROSSLEY & ERICH STARAUSCHEK	
Hausaufgaben und Physiklernen	743
JOHANNES FÄTH, BIANCA WATZKA & RAIMUND GIRWIDZ	
Eye-Tracker-Untersuchung zu Gestaltungsprinzipien einer Animation	746
JASMIN LUDWIG & THOMAS WILHELM	
Das Modellbildungsprogramm Modellus 4 im Vergleich	749

NILS ROHDE, MARIA OPFERMANN, CARSTEN SCHMUCK & STEFAN RUMANN Lernwirksamkeit von Illustrationen zum Orbitalmodell in der Organischen Chemie	752
DANIEL KECK, ERICH STARAUSCHEK & YVONNE KAMMERER Die Bewertung der Qualität von Informationen beim Physiklernen in der Lernumgebung Internet 2.0	755
NINA ULRICH & SASCHA SCHANZE Formative Entwicklung eines interaktiven, digitalen Chemieschulbuchs - E-Book = Schulbuch der Zukunft?	758
MARTINA BRANDENBURGER & SILKE MIKELSKIS-SEIFERT Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?	761
STEPHANIE HENRICH, SARAH HUNDERTMARK & SASCHA SCHANZE "proCMap 2" - Der Einfluss computerbasierter Reflexionsmethoden auf das Konzeptverständnis	764
SIMONE NAKOINZ, ECKART HASSELBRINK & ELKE SUMFLETH Interpretation von Phänomenen auf Grundlage atomarer Zusammenhänge	767
HENNING RODE & GUNNAR FRIEGE Lernen mit Multiple-Choice-Aufgaben	770
THOMAS TOCZKOWSKI & BERND RALLE Verstehens- und Lernprozesse im Chemieunterricht - Design-Experiment zum Verständnis von Summenformeln	773

Sascha Bernholt

Geschäftsführer der GDCP

Vorwort

Die Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) fand vom 17. bis zum 20. September 2012 an der Leibniz Universität Hannover statt. Das Tagungsthema lautete:

Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen

Dieses Thema prägte insbesondere die vier Plenarbeiträge. Rüdiger Tiemann (Humboldt-Universität Berlin) eröffnete den inhaltlichen Teil der Tagung mit einem Vortrag zum Thema „Inquiry Based Learning – eine ‚Road Map‘ für das Lernen von morgen?“. Am Tagungsdienstag folgte Dietmar Höttecke von der Universität Hamburg mit dem Titel „Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten – ein Problemaufriss“. Der niederländische Wissenschaftler Ton de Jong von der University of Twente referierte zum Thema „Technology-based inquiry learning in science; where are we and what lies ahead?“. Abgerundet wurde das Plenarvortragsprogramm durch Reinhold Nickolaus, der seine Forschungsergebnisse unter dem Titel "Simulationen authentischer Problemlöseaufgaben in technischen Systemen – Diagnosemittel und Förderpotentiale" vorstellte. Über die Plenarbeiträge hinaus trugen zahlreiche weitere Vorträge und Poster zum Tagungsthema bei.

Neben den Plenarreferierenden haben weitere Autorinnen und Autoren ihre Beiträge für den Tagungsband ausgearbeitet. Diese insgesamt 240 Beiträge repräsentieren die fachdidaktischen Arbeiten, die in Hannover im Rahmen von Gruppenvorträgen, Einzelvorträgen, Workshops und Postern präsentiert wurden. Allen Autorinnen und Autoren gilt mein ausdrücklicher Dank für die Mitarbeit an diesem Band.

Im Rahmen der Jahrestagung wurde zudem Susanne Heinicke (Universität Oldenburg) mit dem GDCP Nachwuchspreis ausgezeichnet. Der Preis wurde im feierlichen Rahmen während der Tagung überreicht.

Im Rückblick auf die hervorragend organisierte Tagung gilt mein herzlicher Dank den Organisatorinnen und Organisatoren, allen voran Sabine Fechner, Gunnar Friege, Sascha Schanze und Maike Tesch. Sie haben, unterstützt von zahlreichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, für einen angenehmen und reibungslosen Tagungsverlauf gesorgt.

Ein besonderer Dank gilt der Leibniz Universität Hannover als gastgebender Institution sowie den Sponsoren der Tagung, die mit ihrer Unterstützung zum Gelingen beigetragen haben.

Ferner möchte ich Fee Cramer herzlich für die Unterstützung der redaktionellen Arbeit an diesem Band danken.

Kiel, im Januar 2013

Ilka Parchmann

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
Sprecherin des Vorstands

Einleitung

Liebe Leserin, lieber Leser,
die GDGP-Jahrestagung 2012 fand an der Leibniz-Universität Hannover statt. Wir möchten uns als Vorstand für die hervorragende Organisation bei der Örtlichen Tagungsleitung und natürlich bei allen Vortragenden, Posterpräsentierenden und Mitdiskutierenden für die vielen Inspirationen ganz herzlich bedanken!

Das Tagungsthema „Inquiry-Based Learning“ war und ist in mehrfacher Hinsicht prägend, sowohl für die Vorträge und Gespräche im Verlauf der Tagung, als auch für unsere wissenschaftliche Fachgesellschaft insgesamt. Forschendes Lernen – dies gilt nicht nur für Schülerinnen und Schüler oder Lehrerinnen und Lehrer, sondern natürlich ebenso für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und unsere Community. Schaut man zurück auf die vergangenen Jahre bzw. Jahrzehnte und vergleicht man die Standard der Vortrags- und Diskussionsbeiträge mit denen international referierter Tagungen, so darf die GDGP-Jahrestagung sicherlich als mindestens ebenbürtig, wenn nicht sogar qualitativ höherwertig eingestuft werden – und das ohne vorhergehendes Reviewverfahren! Hier zeigt sich ein Entwicklungsprozess, in dem sich die Fachdidaktiken der GDGP selbst Qualitätskriterien gestellt haben, die zu methodischen Weiterentwicklungen und zur Erschließung neuer relevanter Themenfelder geführt haben. Die hohe Bedeutung dieser Arbeiten für die Lehr-Lern-Forschung, aber auch für eine wissenschaftsbasierte Lehrerbildung hat Herr Staatssekretär Lange zum Ausdruck gebracht.

Die Auswahl der Plenarvorträge spiegelt ebenfalls verschiedene Richtungen eines forschenden Lernens wieder: Nach einem Überblick über das Gebiet insgesamt werden Fragen der modernen und historischen naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, der Medienunterstützung bspw. für Modellierungsprozesse und Simulation und auch Testverfahren für authentischer Aufgabenanforderungen in den folgenden Beiträgen vorgestellt und diskutiert; der Blick über den eigenen Tellerrand erfolgte in guter Tradition sowohl durch einen international ausgewiesenen Referenten als auch durch den Beitrag einer Nachbardisziplin.

Neben den sicher anregenden Vorträgen und Gesprächen stellten auch die anstehenden Preisverleihungen ein Highlight der Tagung dar; außer dem Nachwuchspreis wurde 2012 auch der Erhard-Friedrich-Preis durch die GFD im Rahmen der Jahrestagung vergeben. Für die Unterstützung und Anerkennung ausgezeichnete wissenschaftlicher Leistungen danken wir der Friedrich-Stiftung und der Cornelsen-Stiftung.

Die Wahl von Tagungsort und Schwerpunktthema sind in guter Tradition eng miteinander verknüpft. In Hannover sind nicht nur die beiden gastgebenden Arbeitsgruppen international mit Arbeiten zum Inquiry Based Learning ausgewiesen, auch der Namensgeber der Universität repräsentiert diesen Gedanken in besonderer Weise. Wilhelm Gottfried Leibniz ist bekannt als Mathematiker. Mathematische Zugänge haben die methodische Entwicklung der Fachdidaktiken in den letzten Jahren zweifelsohne geprägt. Die Vielfalt statistischer Verfahren sowie deren Möglichkeiten für differenziertere Untersuchungen von Modellannahmen oder Ursache-Wirkbeziehungen bilden eine wertvolle Grundlage für die Analyse von so komplexen Prozessen wie dem Lernen und Lehren an Schulen, in außerschulischen Lernumgebungen oder in der Lehrerbildung, um drei zentrale

Schwerpunkte der Tagung und der wissenschaftlichen Arbeiten der GDGP-Mitglieder zu nennen.

Darüber hinaus war Wilhelm Gottfried Leibniz aber auch Philosoph, und auch diese Perspektive sollte in fachdidaktischen Arbeiten nicht vernachlässigt werden. Statistische Verfahren liefern Daten, die es zu interpretieren gilt. Auch bei der Anlage von Studien müssen natürlich zunächst Sinn- und Zielfragen geklärt und Einschränkungen von Erhebungs- und Aussagemöglichkeiten berücksichtigt werden. Die Jahrestagung bietet dafür ein gutes Forum, um auch die eigenen Arbeiten immer wieder zu reflektieren und kritisch-konstruktiv weiter zu entwickeln, so wie Gottfried Wilhelm Leibniz es angeregt hat:

„Es lohnt sich, die Entdeckungen anderer zu studieren, dass für uns selbst eine neue Quelle für Erfindungen entspringt.“

Diese Chance haben sich über 400 Kolleginnen und Kollegen in Hannover nicht entgehen lassen! Das Programm der Jahrestagung 2012 umfasste insgesamt fünf Plenarvorträge sowie 71 Gruppenvorträge in 19 Themenblöcken und 100 Einzelvorträge, die erstmalig in acht parallelen Vortragssträngen angeordnet waren. Darüber hinaus wurden ein Workshop angeboten und insgesamt 105 Poster präsentiert. Umfang und Vielfalt des Tagungsprogramms spiegeln nochmals die Breite und Lebendigkeit unseres fachdidaktischen Forschungsbereichs wider und machen neugierig auf die kommende Jahrestagung in München.

Josef Lange

Staatssekretär im Ministerium für
Wissenschaft und Kultur
des Landes Niedersachsen

Grußwort zur Eröffnung der Jahrestagung

Sehr geehrte Frau Prof. Parchmann,
sehr geehrter Herr Prof. Friege,
sehr geehrter Herr Dekan Prof. Schrohe,
sehr geehrter Herr Studiendekan Prof. Kuhnt,
meine sehr geehrten Damen und Herren,

zu Ihrer Jahrestagung 2012 überbringe ich Ihnen die besten Wünsche der Niedersächsischen Landesregierung, insbesondere der Ministerin für Wissenschaft und Kultur, Prof. Dr. Johanna Wanka. Ich tue dies besonders gern, weil mir die Ausbildung der Lehrerinnen und Lehrer nicht nur qua Amt, sondern auch persönlich seit vielen Jahren ein wichtiges Anliegen ist.

1998/99 habe ich in der Gemischten Kommission Lehrerbildung der KMK – der sogenannten „Terhart-Kommission“ – mitwirken dürfen. Schon damals wurde deutlich, dass eine Stärkung der Fachdidaktiken von zentraler Bedeutung für die Lehrerbildung und somit letztlich für die Qualität von Unterricht und für den Lernerfolg unserer Schülerinnen und Schüler sein wird. Und wenn wir heute – mehr als ein Jahrzehnt später – auf die Situation der Fachdidaktiken schauen, können wir – zumindest in Niedersachsen – feststellen, dass die Fachdidaktiken in den Universitäten tatsächlich an Bedeutung gewonnen haben.

In Niedersachsen ist inzwischen an allen acht lehrerbildenden Universitäten in fast allen dort angebotenen Unterrichtsfächern mindestens eine Fachdidaktik-Professur etabliert. In den Berufungsverfahren hat sich aber auch gezeigt, dass in einigen Fächern die Zahl der berufungsfähigen Kandidatinnen und Kandidaten sehr gering war und ist. Vielfach wurden daher zunächst Juniorprofessuren eingerichtet. Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses in den Fachdidaktiken bleibt deshalb eine zentrale Herausforderung für die lehrerbildenden Hochschulen. Dies bedarf zum einen wettbewerbsfähiger Forschungsleistungen durch Sie – die Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker – und zum anderen einer entsprechenden Wertschätzungen Ihrer Leistungen durch Ihre Kolleginnen und Kollegen aus den Fachwissenschaften, mit denen Sie häufig innerhalb einer Fakultät um Ressourcen konkurrieren.

Insofern freut es mich besonders, dass die Leibniz Universität Hannover, deren Physik bereits seit vielen Jahren international beachtete fachwissenschaftliche Leistungen vollbringt, nun auch Gastgeber für Ihre Jahrestagung ist. Damit wird deutlich, dass auch an dieser technisch-naturwissenschaftlich ausgerichteten Universität inzwischen Fachdidaktik und Lehrerbildung ihren Platz gefunden haben. Ich hoffe aber auch, dass ihr Stellenwert auch hier in Hannover – nicht zuletzt durch die Ausrichtung dieser Tagung – noch weiter steigen wird.

Um die Lehrerbildung noch weiter ins Zentrum der Universitäten zu rücken, planen Bund und Länder derzeit eine gemeinsame „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“, mit der in den nächsten 10 Jahren vorbildliche Projekte zur Stärkung der Lehrerbildung gefördert werden sollen. In Niedersachsen haben wir bereits in diesem Jahr Projekte der Fachdidaktiken und

Bildungswissenschaften mit einer Million Euro aus Landesmitteln gefördert, um insbesondere die Etablierung forschungsfähiger Einheiten und die Forschungsbasierung der Lehre zu unterstützen. Die Ergebnisse der Qualitätsoffensive, und in Niedersachsen voraussichtlich auch die ab 2014 erneut durch die Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen vorgesehene Forschungsevaluation der Berufswissenschaften der Lehrerbildung, werden Indikatoren für die Forschungsleistung und Forschungsfähigkeit der lehrerbildenden Fächer sein.

Und auch die Strukturen und Methoden der Lehrerbildung entwickeln wir kontinuierlich weiter: Seit dem Wintersemester 2007/2008 qualifizieren sich in Niedersachsen Studierende bereits ausschließlich durch polyvalente 2-Fach-Bachelorstudiengänge und lehramtsbezogene Masterstudiengänge für den Vorbereitungsdienst.

Mit neuen viersemestrigen Masterstudiengängen auch für die Lehrämter an Grundschulen sowie an Haupt- und Realschulen sollen ab dem Wintersemester 2013/14 forschungsgeleitete Ausbildungselemente mit der Vermittlung schulpraktischer Handlungskompetenz verzahnt werden. Um diese Verzahnung zu realisieren, werden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fachdidaktische Lehrveranstaltungen und eine Praxisphase gemeinsam mit Lehrkräften gestalten. Die in diesen neuen Masterstudiengängen gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen sollen dann auch auf die anderen Lehrämter übertragen werden. So haben wir bereits in diesem Jahr zur besseren Einbindung der Schulpraxis in den Studiengängen der anderen Lehrämter die Einrichtung von Koordinatorenstellen gefördert – u.a. auch hier an der Leibniz Universität Hannover.

In den neuen Masterstudiengängen wird auch das Konzept des „Forschenden Lernens“, das Gegenstand Ihrer Tagung ist, eine Rolle spielen. Die „lernenden Forscher“ sind in diesem Falle die Studierenden. Um den Schulbezug und die Forschungsbasierung im Masterstudium zu fördern, sollen sie fachdidaktische oder bildungswissenschaftliche Fragestellungen des von ihnen während der Praxisphase selbst erlebten Schulalltags wissenschaftlich bearbeiten. Die Fragestellungen sollen sie dabei möglichst selbst in der Schulpraxis entdecken.

Sehr geehrte Damen und Herren, Albert Einstein wird oft mit der Aussage zitiert „Wichtig ist, dass man nicht aufhört zu fragen.“ Ich wünsche mir, dass möglichst alle zukünftigen Lehrkräfte diese Haltung einnehmen und verinnerlichen. Ihrem Tagungsprogramm habe ich entnommen, dass insbesondere in Chemie und Physik „Inquiry Based Learning“ wegweisend für erfolgreichen Unterricht sein kann.

Gerade in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern brauchen wir Lehrkräfte, die in den Lage sind, Schülerinnen und Schüler zu Fragen anzuregen. Da dies in der Vergangenheit nicht zufriedenstellend gelungen ist, müssen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik zur Zeit viel Kraft und Geld in Initiativen zur Bekämpfung des Fachkräftemangels in technisch-naturwissenschaftlichen Studien- und Berufsfeldern investieren. Der Erfolg Ihrer Arbeit, meine Damen und Herren, in der Ausbildung zukünftiger Chemie- und Physik-Lehrkräfte ist also auch von besonderer gesellschaftlicher Relevanz.

Ich wünsche Ihnen, dass Sie für diese Aufgabe und die dafür notwendige Forschung auf Ihrer Jahrestagung viele anregende Impulse erhalten und außerdem auch noch ein paar Eindrücke aus Hannover und Niedersachsen mitnehmen, denn Sie kennen vielleicht unsere Pferde, möglicherweise aber noch nicht alle ihre und unsere Stärken.

Hannover, am 17.09.2012

Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten Ein Problemaufriss

Authentisch Physik und über Physik lernen?

In der Literatur kursiert der Begriff der Authentizität als Schlüssel zur Überbrückung der Kluft zwischen Wissenschaftskultur, -praxis, Laboren, Experimenten und Forschen auf der einen Seite und Schule, Unterricht, Lehrkraft, Schüler und Lernen auf der anderen. Authentizität wird oft als Schlagwort verwendet, um Lernumgebungen schüler- oder auch wissenschaftsadäquater, als es die Regel ist, zu beschreiben. Intuitiv löst dieser Begriff Zustimmung aus, wird aber nur selten geklärt. Buxton (2006) unterscheidet dagegen drei nützliche Dimensionen dieses Begriffs: *canonical*, *youth-centered* und *contextual*. Die curricularen Referenzpunkte der drei Dimensionen ließen sich auch mit Naturwissenschaften, Kind/Schüler und Kontext übersetzen.

Eine Orientierung des Authentizitätsbegriffs am Kind/Schüler liegt vor, wenn deren Interessen, Perspektiven, Erfahrungen und Bedürfnisse zum Ausgangspunkt des Lernens werden. Brickhouse (1994) fordert vor diesem Hintergrund:

"To teach students science in relation to the world, scientific knowledge and technologies ought to be taught together. In this way, scientific knowledge is not construed as disembodied knowledge, but as intimately related to the students' experiences. Teachers need to learn ways of making science a part of the student's experience-useful truths for solving real problems." (Brickhouse, 1994, S. 408)

Eine konsequente Orientierung am *Kind/Schüler* verbindet sich auch mit dem Konzept des genetischen Unterrichts (Wagenschein, 1968) und mit konstruktivistischen Ansätzen eines an Schülervorstellungen orientierten Unterrichts (Duit & Treagust, 2012). Entsprechend betont das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) die konsequente Berücksichtigung von Schülerperspektiven als Mittel der Generierung didaktischer Strukturierungen.

Eine Alternative dazu ist *Kontext* als curriculärer Referenzpunkt für authentischen Unterricht. Nawrath (2010, S. 26) hebt die tragende Rolle technischer, gesellschaftlicher und anwendungsbezogener Fragestellungen hervor. Müller (2006, S. 106) stellt den Begriff der Authentizität als Abgrenzungsfigur zu fachlich orientiertem Lernen mit Alltagsbezügen heraus. Letztlich haben Kontextprojekte wie z.B. *Chemie im Kontext* (Demuth et al., 2008) in den letzten Jahren dafür gesorgt, dass *Kontext* als zentraler curriculärer Referenzpunkt große Anerkennung gefunden hat.

In Bezug auf die Authentizitäts-Dimension *Naturwissenschaften* haben Chinn und Malhotra (2002) eine umfassende Analyse und Kritik vorgelegt, die belegt, dass die Praxen von Schülern und Schülerinnen im naturwissenschaftlichen Unterricht von den Forschungspraxen in den Naturwissenschaften weit entfernt sind. Naturwissenschaftler arbeiten z.B. an eigenen Fragestellungen und müssen ihre Messprozeduren selbst entwickeln. Schülerinnen und Schülern werden diese eher vorgegeben. Messapparaturen sind in den Naturwissenschaften variabel, unsicher und immer wieder selbst Gegenstand der Forschung, während sie im Kontext Schulunterricht wie oben gezeigt statisch und auf sichere Phänomenerzeugung angelegt sind. In der Schule werden Schlüsse zumeist auf der Basis nur eines Experiments und nur weniger Messungen gezogen, wobei nur eine einzige Variable variiert wird. In den Naturwissenschaften gestaltet sich dieser Prozess komplex und

multidimensional. Schlüsse werden selten nur auf einem einzigen Experiment gegründet, sondern in Netzwerke aus Theorien und zahlreichen Experimenten eingebettet. Entsprechend folgern Chinn und Malhotra, "that much work remains to be done to transform schools into places that nurture epistemologically authentic scientific inquiry" (ebd., S. 214).

Ähnlich wird im Bereich inquiry-based learning bzw. forschend-entdeckendem Unterricht naturwissenschaftliche Forschungspraxis als curriculärer Referenzpunkt zitiert.

„Scientific inquiry, in short, refers to the systematic approaches used by scientist in an effort to answer their questions of interest. [...] the primary focus is on knowledge about SI, because it is this perspective of SI that is most often ignored in the classrooms and in methods of assessments.“ (Lederman & Lederman 2012, S. 338f).

Auch hier wird der Bezugspunkt für Authentizität durch Epistemologie und Naturwissenschaft und die Reflexion darauf festgelegt.

Forschend-entdeckender Unterricht gilt als Kandidat, um Authentizität im Sinne der Naturwissenschaften zu maximieren. Entsprechend werden in diesem Kontext gern Begriffe wie "Kleine Forscher" oder "Forscherwerkstatt" verwendet, um forschend-entdeckende Lernumgebungen zu charakterisieren. Wie ist nun der Ist-Stand eines Unterrichts, der im Sinne der Naturwissenschaften authentisch heißen darf?

Forschen und Entdecken im Unterricht

Selbstständiges Forschen und Entdecken wird in der Physikdidaktik seit langem als erfolgversprechendes Konzept bewertet. Historisch betrachtet verbinden sich damit bekannte Namen wie Dewey oder Kerschensteiner (Bell, 2007).

Der Begriff des Forschens scheint zunächst unproblematischer zu sein. Forschen, das auf das althochdeutsche *forsca* – fragen – zurückgeht, bezeichnet in den Naturwissenschaften methodisch kontrolliertes und zielorientiertes Handeln. Naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und von z.B. ethischen, gesellschaftlichen oder sozialen Fragen abzugrenzen, gilt als wichtige Kompetenz. Forschen als methodisch kontrolliertes Handeln wird im Unterricht aber viel zu wenig sichtbar. Stattdessen dominieren instruktions-orientierte Schüler- oder Lehrerexperimente (Tesch & Duit, 2004).

Dem Begriff des Entdeckens haftet auf metaphorische Weise an, etwas bereits Vorhandenes nur noch freilegen zu müssen (Höttecke, 2010). Entsprechend wird gern ein "Nach-" vorangestellt, um zu kennzeichnen, dass es in Lehr-Lern-Kontexten um bereits Bekanntes gehe, das es zu ent-decken gelte (z.B. Berger, 2007). Die didaktisch motivierte Unterscheidung des Begriffs "Versuch" (im Unterricht) vom Begriff "Experiment" (in der naturwissenschaftlichen Forschung) (Bleichroth et al., 1991, S. 218) hat sich im deutschen Sprachraum m.E. nicht konsequent durchgesetzt. Ein klar umrissenes englischsprachiges Pendant gibt es ebenfalls nicht. Dort werden Begriffe wie experiment, experimentation, lab work, practical work oder (guided) inquiry-based learning verwendet.

Gyllenpalm und Wickman (2011) untersuchen im Rahmen einer Interviewstudie die Vorstellung vom Experiment bei schwedischen Lehramtsstudierenden mit naturwissenschaftlichem Bezug. Sie zeigen:

What this analysis shows is that the term "experiment" is habitually used as a synonym to "laboratory task" and equated more or less explicitly with a *method of teaching* rather than a *method of scientific*

inquiry. [...] When asked specifically about the meaning of “experiment,” this term was given everyday connotations like “trying” or “testing” in a nontechnical sense” (ebd., S. 920).

Es ist bemerkenswert, dass die Lehramtsstudierenden dieser Studie über umfangreiche Erfahrungen im Experimentieren verfügen, dies aber kaum zu einem elaborierten Verständnis experimenteller Tätigkeit geführt hat.

Beim Experimentieren kommt der expliziten Reflexion auf Aspekte der Natur der Naturwissenschaften eine besondere Rolle zu.¹ Entsprechend verweisen empirische Studien auf die hohe Bedeutung der Lehrkraft, die Unterrichtsphasen expliziter Reflexion anleiten und moderieren soll, und ihrer Orientierungen (Bencze & Giuseppe, 2006; Bianchini & Colburn, 2000; Kang & Wallace, 2005; Roehrig & Luft, 2004).

Lehrkräfte durchdenken das Thema Experimentieren aus der Perspektive der Vermittlung von Fachwissen (Flick, 2000). Es besteht generell ein Mangel an Schüler- und Lernerorientierungen bei Lehrkräften (Jonas-Ahrend, 2004; Kang, Orgill & Crippen, 2008). Eine klare Orientierung am Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften ist kaum zu erkennen. Es verwundert daher nicht, dass auch Schülerinnen und Schüler einen klaren Unterschied machen zwischen Experimentieren im Unterricht und Experimentieren in den Naturwissenschaften (Henke & Höttecke, 2013, in diesem Band). Das eigene Experimentieren der Schülerinnen und Schüler kann dann aber nicht ohne weiteres als Ressource verwendet werden, um auf Experimentieren in der Forschung zu reflektieren.

Offene Experimentierumgebungen wie *inquiry-based learning* sind bislang kaum implementiert (Capps & Crawford, 2012), obwohl sie zumindest von den amerikanischen Standards vehement gefordert wurden. Die Konsequenzen dieses Mangels an *inquiry-based learning* mit klarem Bezug zur Natur der Naturwissenschaften sind seit langem bekannt und oft beklagt worden. Wenn Schülerinnen und Schüler experimentieren, wissen sie oft gar nicht was und warum sie etwas tun.² Stark vorstrukturierte Experimentierumgebungen wurden daher mit Begriffen wie "cookbook-style", "verification lab" oder als Indoktrination in korrekte Arbeitsabläufe gebrandmarkt.³ Dabei betrifft diese Vorstrukturierung nicht nur die Vorgabe detaillierter Arbeitsschritte zur Durchführung oder Auswertung eines Experiments durch Schülerinnen und Schüler. Vorstrukturiert sind die Lehrmittel zum Experimentieren selbst, um Phänomene und Gesetzmäßigkeiten zeitlich ökonomisch und mit möglichst großer Klarheit zu inszenieren. Unter dieser Prämisse werden sie von den Herstellerfirmen in der Regel so konzipiert. Diese Vorgehensweise impliziert allerdings auch,

- dass Phänomene zweifelsfrei in Erscheinung treten ohne sich zu überlagern,
- dass Phänomene zeitökonomisch und zuverlässig hergestellt, beobachtet und vermessen werden können,
- dass Messdaten vorgegebenen Auswertungsroutinen entsprechen und

¹ Vgl. z.B. Khishfe & Abd-El-Khalick (2002); Schwarz, Lederman & Crawford (2004); Hößle, Höttecke & Kircher (2004); Höttecke, (2001a); Höttecke, Henke & Rieß (2012). Zu Schülervorstellungen siehe Höttecke (2001b).

² Vgl. Gallagher & Tobin (1987), Flick (2000), Hart et al. (2000), Hofstein & Kind (2012), Hofstein & Lunetta (2004), Lunetta, Hofstein & Clough (2007), Schauble et al. (1995)

³ Vgl. Clough (2006), Hofstein & Lunetta (2004), Hofstein & Kind (2012), Kang & Wallace 2005, Metz et al. (2007), Metz & Stinner (2006), Nott & Wellington (1996)

- dass Fragen nach der Stabilisierung von Messapparaturen gar nicht erst entstehen.

Diese apparative Seite der Vorstrukturiertheit experimenteller Lernumgebungen bewirkt eine Stringenz physikalischer Erkenntnisprozesse, die der Forschung selbst gar nicht eigen ist (Habben & Mehrle, 1994, S. 8).

Den empirischen Kern der Naturwissenschaften macht der Begriff der Evidenz aus (Ruhrig, Ohlsen & Höttecke, 2013, in diesem Band). Der Evidenz-Begriff erschöpft sich nicht in rohen Daten, sondern schließt Aushandlung und Anerkennung ihrer jeweiligen Bedeutung vor dem Hintergrund theoretischer Annahmen und experimenteller Expertise ein. Dieser Prozess des Anerkennens und Aushandelns wird aber durch stark vorstrukturierte Routinen der Phänomenerzeugung, -vermessung und -interpretation systematisch ausgeschlossen. So gehen potenzielle Chancen des Lernens über die Natur der Naturwissenschaften verloren.

Die Motive für eine starke Vorstrukturierung experimenteller Lernumgebungen kann man auf fachkulturelle Eigenschaften des Schulfachs Physik zurückführen (z.B. Willems, 2007; Höttecke & Silva, 2011). Dabei hat es eine gewisse Tradition, Unsicherheit zu vermeiden. Beim Experimentieren im Unterricht darf nichts schief gehen, denn vermeintlich gilt:

„durch nichts wird die Disziplin und damit der Erfolg des ganzen Unterrichts so gefährdet, als durch unsicher umhertastende oder unklare Fragestellung und durch misslungene Experimente.“ (Baumeister, 1898, S. 10)

Dass Lehrkräfte in Physik und Chemie der Herstellung von Sicherheit hohe Bedeutung zubilligen, konnte bereits in einer Gruppendiskussionsstudie gezeigt werden (Krüger, Ruhrig & Höttecke, 2013, in diesem Band). Die Prozessqualität der Naturwissenschaften, in der Evidenz unsicher sein kann, geht dabei verloren. Die Folge ist ein Mangel an Authentizität im Sinne des Referenzpunktes Naturwissenschaften (Edelson, 1998).

Als nächstes soll dieser Referenzpunkt Naturwissenschaften genauer untersucht werden. Die folgenden Abschnitte bemühen sich daher um eine fachliche Klärung naturwissenschaftlicher Praxis v.a. im Hinblick auf den Begriff des Experiments.

Naturwissenschaftliche Forschungspraxis – Auf dem Weg zu einem zeitgemäßen Experiment-Begriff

Der naturwissenschaftlichen Forschung ist selbst eine Tendenz eigen, die Entstehungs- und Herstellungsbedingungen bereits erarbeiteter Wissens- und Könnensbestände zu verdecken, und das sogar mit einer gewissen Notwendigkeit. Naturwissenschaftliche Forschungs-Publikationen sind keine Abbilder dessen, wie in Laboren, Büros und Besprechungsräumen tatsächlich gearbeitet worden ist. Publikationen sind vielmehr Rekonstruktionen post hoc. Naturwissenschaftliche Publikationen stellen oft den Forschungsstand an den Anfang, formulieren dann Hypothesen, die es zu prüfen gilt, schildern dann die Methoden und Resultate und schließen mit einer Diskussion der Ergebnisse. Medawar (1963) hat darauf hingewiesen, dass wir einer Täuschung unterliegen, wenn wir diese Konstruktion für eine Chronologie der Forschung halten, entlang derer sich ein induktivistisches Forschungsparadigma entfalten könnte: "the scientific paper is a fraud in the sense that it does give a totally misleading narrative of the processes of thought that go into the making of scientific discovery" (ebd., S. 233).

Lehrbücher können ebenfalls dazu beitragen, dass die Forschungspraxis in den Naturwissenschaften nur verzerrt wiedergegeben wird. In der Regel liegt ihnen keine

historische, sondern eine systematische Rekonstruktion der jeweiligen Bezugsdomäne zugrunde. Sollte dennoch von Forschungsprozessen die Rede sein, kann es zu regelrechten Fällen der Mythenbildung kommen, wie Heering (1995) anhand einer Fallstudie über die Entstehung und Rezeption des Coulombschen Gesetzes zeigt. Coulomb hatte als empirischen Beleg seines $1/r^2$ -Gesetzes nur drei Messwerte publiziert. Die Replikation⁴ des Experiments durch Heering zeigte, dass die von Coulomb entwickelte Torsionsdrehwaage erhebliche messtechnische Probleme erzeugt, die an der Validität seiner Messungen Zweifel aufkommen lassen. Das Instrument wie auch die Datenanalyse war bereits in erheblichem Maße von der Annahme durchdrungen, dass das zu bestätigende Gesetz gelten müsse. Lehrbuch-Rekonstruktionen verbreiten dagegen den Mythos eines auf der Basis solider Empirie etablierten Coulombschen Gesetzes.

Latour und Woolgar (1986, S. 242) haben den Prozess des Verzerrens oder Unsichtbar-Werdens wissenschaftlicher Praxis mit dem Begriff *black-boxing* belegt. Etablierten wissenschaftlichen Prozeduren und Apparaten wie z.B. einem Massenspektrometer wird ein hohes Maß an Vertrauen entgegen gebracht. Die Theorien, Konzepte und Praktiken, die in die Konstruktion eines Massenspektrometers eingegangen sind, werden nicht mehr in Frage gestellt, sondern als gesichert angenommen. Ein Phänomen wird zum Instrument, indem es die Bearbeitung weiterer wissenschaftlicher Fragestellungen ermöglicht, für deren Beantwortung es selbst nur noch instrumentelle Funktion besitzt.

Diese Situation ergibt sich, wenn in einem Testlabor mit Hilfe eines Massenspektrometers eine Dopingkontrolle durchgeführt wird. Die Validität und Reliabilität der Messergebnisse setzen ein gesichertes theoretisches Verständnis des Instruments und etablierte, gesicherte Messprozeduren voraus. Die gleiche Situation kennt man in der fachdidaktischen Forschung, wenn beispielsweise ein Chi-Quadrat-Test oder eine Power-Analyse mit einer Computersoftware durchgeführt wird und man dabei den in die Software integrierten statistischen Routinen vertraut, ohne sie im Detail verstehen zu müssen. Diesen Werkzeugcharakter können auch wissenschaftliche Objekte haben, selbst wenn man sie nicht unmittelbar beobachten kann. Hacking (1984, S. 156) weist darauf hin, dass Existenzannahmen über ein wissenschaftliches Objekt nicht unbedingt nötig sind, wenn man über dieses Objekt experimentiert. Erst wenn dieses Objekt so weit stabilisiert und anerkannt ist, dass es selbst Werkzeugcharakter haben kann, setzt dies eine Existenzannahme voraus. Als James Chadwick sich - wie andere Physiker/innen auch - in den frühen 1930er Jahren mit einer neuen Art energiereicher Strahlung befasst, war noch keineswegs geklärt, worin die Natur dieser Strahlung bestehen könne. 1935 wurde ihm als "Entdecker" des Neutrons der Nobelpreis für Physik verliehen. Heute wird das Neutron als Werkzeug in der Nuklearmedizin, Kerntechnik oder Hochenergiephysik verwendet, ohne dass die Frage nach seiner Existenz sich noch stellen müsste.

Instrumente in den Naturwissenschaften dürfen überhaupt nur deshalb den Charakter einer black-box annehmen, weil sie selbst das Vertrauen in bereits erreichte Arbeitsstände der Forschung verkörpern. Sie sind während ihrer eigenen Entwicklungsphase einmal Forschungsobjekte gewesen, aber nunmehr zu technischen Objekten transformiert, die vertrauensvoll genutzt und selten in Frage gestellt werden. Rheinberger (1997) spricht in diesem Zusammenhang von einem Stabilisierungsprozess, innerhalb dessen epistemische

⁴ Unter Replikation wird eine etablierte Forschungsmethode der Wissenschaftsgeschichte gefasst. Sie umfasst die möglichst quellengetreue Rekonstruktion von Instrumenten und jeweiliger experimenteller Praktiken und deren historische Kontextualisierung. Vgl. Heering & Höttecke (2013).

Dinge zu technischen Dingen werden. Erstere verkörpern, was man noch nicht weiß, während letztere den Bereich möglicher Repräsentationen epistemischer Dinge begrenzen. Repräsentationen epistemischer Dinge im Forschungsprozess bleiben dabei vage und unscharf. Epistemische Dinge stellen für Rheinberger keine Abbilder realer Objekte und schon gar nicht diese Objekte selbst dar. Sie verkörpern sich gleichsam im Zwischenraum zwischen Zeichen und Objekten. Rheinberger (2006) wie auch Latour und Woolgar (1986, S. 51) stellen entsprechend die Rolle zeichen-generierender Instrumente und Inskriptionen in den Naturwissenschaften heraus. "Das Wissenschaftsobjekt selbst besteht aus einer Konfiguration von Spuren" (Rheinberger, 2006, S.136).

Wissenschaftsobjekte manifestieren sich im Labor im Rahmen einer Semantik aus Zeigerausschlägen, Tabellen, Computer- oder Plotterdiagrammen. "Die epistemischen Dinge selbst sind Bündel von Inskriptionen" (ebd., S. 137), die dann entsprechend einer Hermeneutik der Dinge und ihrer zeichenhaften Repräsentation zugänglich gemacht werden müssen, deren Ziel es ist, Kohärenz zwischen Theorien, Gedanken, Praktiken, Materialien und Zeichen herzustellen. Hacking (1992) leitet aus dieser Idee einen kohärenztheoretischen Wahrheitsbegriff für die Naturwissenschaften ab, betont dabei die Rolle von Inskriptionen aber weit weniger als Latour oder Rheinberger. Er weist darauf hin, dass die eigentlichen Resultate in den Naturwissenschaften nicht die Objekte (z.B. das Elektron) sind, sondern eben diese Kohärenz. Dabei ist den Naturwissenschaften eine Tendenz der Selbst-Stabilisierung oder auch Selbst-Rechtfertigung eigen, denn Theorien, Instrumente und Methoden der Datenanalyse

are self-vindicating in the sense that any test of theory is against apparatus that has evolved in conjunction with it – and in conjunction with modes of data analysis. Conversely, the criteria for the working of the apparatus and for the correctness of analyses is precisely the fit with theory" (Hacking, 1992, S. 30).

Ähnlich betont Pickering (1993, S. 276ff), dass der Erfolg eines Experiments sich in der Kohärenz dreier Faktoren zeigt, die bei ihm "material procedure" (experimentelle Vorrichtungen mit konkreten Materialien und Objekten), "instrumental model" (Theorie der Instrumente) und "phenomenal model" (theoretisch-konzeptionelles Verständnis eines Phänomens) heißen. Für un abgeschlossene Experimente ist es demnach typisch, dass diese drei Bereiche nicht oder noch nicht kohärent zueinander stehen. Kohärenz wird durch "interactive stabilization" hergestellt und bezeichnet gleichsam den Zielzustand eines Experiments. Experimente enden nach dieser Idee nicht einfach, in dem ein Objekt unter gegebenen instrumentellen Erzeugungsbedingungen ein Signal hervorbringt. Vielmehr muss das Signal mit theoretischen Hintergrundannahmen in Einklang gebracht werden. Galison (1987, S. 259f) beschreibt in seinem Buch "How experiments end" diesen Prozess als Stabilisierungsprozess eines experimentellen Effekts und weist darauf hin, dass zugleich ein Prozess abläuft, der die zunehmend direkte Messung eines Objekts ermöglicht, in dem sich überlagernde Phänomene und störende Einflüsse minimiert werden. Der Stabilisierungsprozess eines Experiments umfasst nach allen genannten Autoren immer theoretische, materielle, instrumentelle und praktisch-manuelle Aspekte. Eine Fallstudie zur experimentellen Tätigkeit Michael Faradays, die mit der Idee der interaktiven Stabilisierung beschrieben werden kann, wurde bereits anderenorts publiziert (Höttecke, 2000a; 2001).

Mit dem Begriff des Experimentalsystems geht Rheinberger einen Schritt weiter und dehnt die Arbeitseinheit experimenteller Naturwissenschaften weit über theoretische und materiell-praktische Aspekte hinaus aus. Sie umfassen nun Objekte, Theorien, Instrumente und Experimente einerseits, andererseits aber auch disziplinäre, soziale, institutionelle und kulturelle Dispositionen (Hagner & Rheinberger, 1998, S. 359ff). Sie bilden fluktuierende und jeweils variierende Amalgame aus Elementen, die jeweils entweder der klassischen

Wissenschaftstheorie (z.B. Beobachtung, Daten, Theorie) oder der klassischen Wissenschaftssoziologie (z.B. Vertrauen, Autorität, scientific community) zugeordnet werden könnten. Der Vorteil eines so weit gefassten Begriffs liegt darin, dass möglichst viele für Naturwissenschaften konstitutive Aspekte in ihrem Zusammenhang berücksichtigt werden. Ein Nachteil kann ein Verlust an begrifflicher Schärfe sein (Hentschel, 1998, S. 18).

Naturwissenschaftliche Forschungsprozesse zeichnen sich dadurch aus, dass sie Möglichkeitsräume für Neues aufspannen. Forschungsprozesse können produktiv sein. Das muss erklärt werden. Zwar ist es das Ziel von Forschungsprozessen, stabile, interpretierbare Signale in Form von Zeichen herzustellen, die in ein kohärentes Verhältnis zu Theorie und Praxis gebracht werden können. Die Grenzen eines Experimentalsystems dürfen aber nicht zu stark werden. Experimentalsysteme müssen laut Rheinberger

"einen Raum für das Auftreten von unvorwegnehmbaren Ereignissen schaffen. Um zu neuen Dingen vorzustoßen, muss das System destabilisiert werden – doch ohne vorherige Stabilisierung produziert es nur Geräusch. Stabilisierung und Destabilisierung bedingen einander" (Rheinberger, 2006, S. 97).

Was hier in einem weiten Sinn für Experimentalsysteme reklamiert wird, gilt im engeren Sinne auch für das Experimentieren. Die Dynamik naturwissenschaftlichen Experimentierens sollte nicht mit den post-hoc getroffenen Rationalisierungen in Publikationen verwechselt werden, die ein hochsystematisiertes Vorgehen suggerieren, das ganz unabhängig von publikationsstrategischen Überlegungen oder der Absicht sei, innerhalb der eigenen scientific community anerkannt zu werden. Kutschmann (1994, S. 289) weist darauf hin, dass die Naturwissenschaften der Neuzeit einen Anschein der "Selbstoffenbarung" der Natur hervorbringen, indem sie das praktische und absichtsvolle Handeln der Wissenschaftler geradezu bagatellisieren.

Der sogenannte neue Experimentalismus in Wissenschaftstheorie, -geschichte und -soziologie hat sich etwa seit 1980 detailliert um die Berücksichtigung des Experiments in der Wissenschaftsforschung bemüht, um einer starken Theorielastigkeit der Darstellung und Analyse von Naturwissenschaft entgegenzuwirken. Seit dem ist eine Reihe von Fallstudien entstanden, die dezidiert darüber Auskunft geben, was Experimentieren in den Naturwissenschaften sein kann.⁵ Experimentieren erscheint dabei als eine schillernde Aktivität. Experimentieren, Beobachten und Theoriebildung können in einem vielfältigen Verhältnis zueinander stehen (z.B. Hacking, 1993; Heidelberger & Steinle, 1998; Pickering, 1992). In diesem Zusammenhang ist Hacking's Diktum "experimentation has a life of its own" (Hacking, 1993, S. 150) bekannt geworden. Hacking weist darauf hin, dass Experimentieren von absichtsvollem Eingreifen charakterisiert ist. Statt dessen geht auf Immanuel Kant die bis heute populäre Anschauung zurück, Experimentieren sei ein Akt der Befragung der Natur durch einen Richter, dessen Begriffe zwar als apriorische Formen des menschlichen Verstandes vorgezeichnet sind, der aber gleichwohl in der Lage sei, der Natur klare Antworten abzuverlangen:

"Die Vernunft muss mit ihren Prinzipien, nach denen allein übereinkommende Erscheinungen für Gesetze gelten können, in einer Hand, und mit dem Experiment, das sie nach jenen ausdachte, in der anderen, an die Natur gehen, zwar um von ihr belehrt zu werden, aber nicht in der Qualität eines Schülers, der sich alles vorsagen lässt, was der Lehrer will, sondern eines bestellten Richters, der die Zeugen nötigt, auf die Fragen zu antworten, die er ihnen vorlegt" (Vorrede Kants zur 2. Aufl. der "Kritik der reinen Vernunft" von 1786, B XIII).

⁵ Für eine detaillierte Literaturanalyse vgl. Heering & Höttecke (accepted).

Die Kantische Auffassung vom Experiment erscheint im Lichte der jüngeren Ergebnisse der Wissenschaftsforschung problematisch. Kutschmann (1994) verweist darauf, dass die Richter-Metapher in Aporien mündet:

"Die intervenierenden Eingriffe des Experimentators schaffen erst die entscheidenden Voraussetzungen, aufgrund derer das Naturgeschehen als 'gesetzesartig' ausgezeichnet werden kann" (ebd., S. 297).

Weder von einer Befragung noch von klaren Antworten, die die Natur geben kann, kann die Rede sein, bedenkt man z.B. den enormen apparativen Aufwand, den moderne Großforschung benötigt. Die Fiktion einer passiven, im Experiment unbeeinflussten und befragbaren Natur scheidet bereits an den Einflüssen einer unhintergehbaren Leiblichkeit von Experimentatoren (Kutschmann 1994, 1986). Im Experiment werden keine Fakten an sich erzeugt. Diese Idee verbietet sich schon deshalb, weil Instrumente keineswegs nur Erweiterungen unmittelbarer menschlicher Beobachtungen sind. So ließen sich vielleicht gerade noch ein paar Kontaktlinsen verstehen, ein Spektrometer aber keinesfalls. Instrumente wie Beobachtungsprozesse selbst sind theoretisch hochgradig aufgeladen (z.B. Ziman, 2000, S. 90ff). In physikalischen Laboratorien sind es trainierte Experten/innen, die etwas beobachten, messen und für faktisch erklären. Ein Hochenergiephysiker zeigt auf einen Fleck in einem Streudiagramm und entwickelt eine klare Vorstellung vom Gemessenen. Ganz anders ein Laie, wenn er das gleiche Diagramm betrachtet. Ein Physiker würde andererseits in einer Taucherglocke in 5000 Meter Meerestiefe vermutlich zahlreiche Lebensformen völlig übersehen. Ein Meereszoologe (ebd.) wäre dagegen in der Lage, neue Lebensformen gewahr zu werden. Beobachtungen werden daher erst durch ein Expertenwissen ermöglicht, das Theorien, Konzepte, Begriffe aber auch experimentelle Routinen, Skills und Beobachtungsgewohnheiten umfasst.

So ergibt sich letztlich das folgende schillernde Bild vom Experiment in den Naturwissenschaften:

"According to a current understanding, a scientific experiment is rather an act of intervention where questions, interests, public and private perspectives, background knowledge and skills, an experimenter's body, instruments, rooms and spaces, material and theoretical entities and procedures interact towards the development of science within a cultural and societal context" (Heering & Höttecke, 2013).

Das Problem eines so schillernden Bildes des Experiments besteht darin, dass universelle Aussagen darüber, was DAS Experimentieren sei, kaum noch möglich scheinen. Der Wissenschaftshistoriker David Gooding meint dazu:

"There is no single history or philosophy of science because scientific practices are irreducibly various." (Gooding, 1997, S. 122)

Aus diesem Grund hat sich die Wissenschaftsforschung der vergangenen Jahrzehnte sehr zurückhaltend darin gezeigt, vereinheitlichende Theorieentwürfe über naturwissenschaftliche Praxis im Allgemeinen und das Experimentieren im Besonderen zu formulieren. Die Hoffnung, in den zahlreichen historischen Fallstudien wiederkehrende Muster zu erkennen, ist deshalb aber nicht aufgegeben worden (Hentschel, 1998, 2000).

Einen Systematisierungsversuch hat Steinle (1997) unternommen. Er unterscheidet theoriegeleitetes von explorativem Experimentieren. Mit dem Begriff des explorativen Experimentierens ist die systematische Variation experimenteller Parameter gemeint. Dabei wird das Ziel verfolgt, empirische Regelmäßigkeiten zu identifizieren. Diese experimentelle Strategie hat in jungen Forschungsfeldern eine große Bedeutung, indem sie dazu beiträgt, Klassifikationsschemata und Konzepte zu entwickeln auch wenn noch kein theoretisches

Erklärungswissen gesichert ist. Die Idee des explorativen Experimentierens ist bereits in die Unterrichtsentwicklung der Fachdidaktik eingeflossen (Henke & Höttecke, 2011).

Trumpler (1997) untersucht die Rezeption der Galvanischen Froschschenkelexperimente in Deutschland Ende des 18. Jahrhunderts. Dabei identifiziert sie weitere "Kandidaten" von Experimentalstrategien, die möglicherweise typisch für die Exploration neuer Phänomene sind, sofern das Forschungsgebiet theoretisch noch weitgehend unerschlossen ist. Dies ist z.B. für die Elektrizitätslehre des späten 18. und frühen 19. Jahrhunderts der Fall.⁶ Dabei kann man die Verifikation (prinzipielle Wiederholung eines Experiments zum Zweck der Bestätigung) von verschiedenen Formen der experimentellen Variation eines neuen Phänomens unterscheiden. Das Phänomen kann simplifiziert werden, um Eigenschaften des neuen Phänomens herauszupräparieren. Es wird optimiert und verstärkt, um es von anderen bereits bekannten Phänomenen experimentell unterscheiden zu können. Es wird exploriert, um allgemeine empirische Regeln formulieren zu können. Es kann angewendet werden, indem es auf bestimmte Zwecke hin modifiziert wird. Man könnte ergänzend zu Trumpler anführen, dass ein neues Phänomen abschließend kanonisiert werden kann. Das kann der Fall sein, wenn Kenntnisse dieses Phänomens als so grundlegend für eine Disziplin angesehen werden, dass es in den etablierten Bestand von Grundphänomenen (z.B. Fadenpendel) möglicherweise verbunden mit disziplintypischen Problemlösemustern (z.B. Energiebilanzen oder Differentialgleichungen) aufgenommen wird.

Hentschel (1998, S. 21f) benennt ebenfalls eine Reihe von Experimentalstrategien. Wird ein Messobjekt unter Laborbedingungen kontrolliert beeinflusst, spricht das für seine Existenz. Hacking konstatiert in einem realistischen Sinne entsprechend über die Existenz von Elektronen: "If you can spray them, then they are real" (Hacking, 1993, S. 22). Unter der empirischen Prüfung von Voraussagen versteht Hentschel, ein Testobjekt unter veränderten Laborbedingungen so zu testen, dass ein Vergleich mit Prognosen möglich wird. Er weist darauf hin, dass eine Bestätigung von Voraussagen immer eine Bestätigung des Funktionierens eines ganzen Experimentalsystems bedeutet. Von einem experimentellen Test einer Theorie oder gar einem Experimentum crucis zu sprechen, wie es Lehrwerke immer wieder getan haben, wird daher generell schwierig sein.⁷ Im Rahmen einer instrumentellen Eichung wird mit Hilfe eines bekannten Signals ein definierter Ausschlag festgelegt. Bei solchen Eichungs- oder auch Kalibrierungsvorgängen werden Instrumente für zukünftige Messungen präpariert. Dabei stehen die Elemente eines Experimentalsystems aber nicht in Frage, sodass das Gelingen oder Misslingen eines Eichungsprozesses weder theoretische Hintergrundannahmen noch die Annahme der Existenz eines Messobjekts gefährden. Ist die Existenz eines Messobjekts aber noch fraglich, dann können verschiedene Instrumenten- und Detektortypen eingesetzt werden. Sind die Messergebnisse konsistent, spricht das für die Existenz des Objekts. Die verschiedenen Messprozeduren stabilisieren sich also wechselseitig. Eine weitere wichtige Experimentalstrategie besteht in der Eingrenzung und Minimierung systematischer Fehlerquellen. Systematische Fehlerquellen können sich ergeben, wenn weitere Phänomene unter den gegebenen Erzeugungsbedingungen im Labor mit entstehen. Sie müssen entsprechend identifiziert werden. Durch Anpassung der Instrumente und Detektoren oder auch durch Anpassung der Messperformance (z.B. möglichst schnell messen, wenn Verluste elektrischer Ladungen drohen, Höttecke, 2001a) können systematische Fehlerquellen minimiert werden.

⁶ Die Elektrizitätslehre gilt in dieser Zeit noch als vorparadigmatisch wie anderenorts bereits gezeigt (Höttecke, 2001a, S. 279ff).

⁷ Eine grundlegende Kritik des experimentum crucis hat bereits Duhem (1978 [1908], S. 249ff) vorgelegt.

Ein geringer Grad an Theorie-Geleitetheit lässt sich auch experimentellen Strategien des "data-mining" unterstellen, wie sie erst durch computergestützte Datenerfassung möglich geworden sind. Wong und Hodson (2008) stellen im Rahmen einer Erhebung der Vorstellungen von Naturwissenschaftlern über Forschung und Wissen in den Naturwissenschaften fest, dass Technologien zur Generierung von Daten in der modernen Genetik auch ohne klaren Bezug zu wissenschaftlichen Hypothesen eingesetzt werden. Computergestützte Technologien ermöglichen es, Daten in einer Geschwindigkeit und in einem Umfang zu erfassen, dass die Technologien auch ohne klaren theoretischen Bezug eingesetzt werden. Die Datenerfassung hat seine Ursache gleichsam in der Verfügbarkeit der Technologien selbst, während theoretische Bezugspunkte untergeordnet sind.

Dass Experimentieren auch bedeuten kann, ein neues und für grundlegend erachtetes Phänomen zu etablieren und zu kommunizieren, zeigt eine Fallstudie um einen kleinen sogenannten Rotationsapparat⁸, den Michael Faraday 1821 konstruiert hat (Höttecke, 2000b). Ein kleiner Kupferdraht wird senkrecht so aufgehängt, dass er frei um einen stehenden Magneten rotieren kann. Wenn der Draht von einem elektrischen Strom durchströmt wird, kann er um den Magneten rotieren. Im Rahmen der Replikation des Instruments konnte gezeigt werden, dass das von Faraday angegebene Instrument mit einem sehr kleinen galvanischen Element betrieben werden kann. Das Phänomen basiert auf dem Oerstedt-Effekt. Während Ampère etwa zeitgleich Phänomene realisierte, die das tangentialen Wirken von Kräften demonstrieren sollten, bestand das neue grundlegende Phänomen für Faraday in der andauernden Rotation. Sein Demonstrations-Instrument versendete er zusammen mit einer Publikation an zahlreiche Naturphilosophen in England, Frankreich und Deutschland. Das Experiment diente ihm einerseits der Stabilisierung des Rotationsphänomens. Jenseits des unmittelbaren Labor-Kontexts nahm es kommunikative Funktionen an, um das Phänomen und sicher auch Faraday selbst als noch unbekanntes Nachwuchswissenschaftler in der scientific community zu etablieren. Hier wird die kommunikative Funktion von Experimenten deutlich.

Frercks (2000) untersucht Fizeaus terrestrische Messung der Lichtgeschwindigkeit im Jahr 1849 ebenfalls mit Mitteln der Replikation. Er zeigt, dass es Fizeau wesentlich um die Etablierung seines neuen Messprinzips, der heute auch in Lehrbüchern noch dokumentierten Zahnrad-Methode bestellt war. Das neue Messverfahren muss die c-Werte astronomischer Messmethoden als Referenzpunkte verwenden. Die Güte der neuen Methode musste sich gleichsam am Forschungsstand und damit an den Literaturwerten der Lichtgeschwindigkeit orientieren. Die Messung der Lichtgeschwindigkeit diente der Etablierung eines neuen Messprinzips. Auch das kann eine mögliche Funktion eines Experiments sein.

Fazit

Die Wissenschaftsforschung hat auf die Frage, was wir unter einem Experiment in den Naturwissenschaften verstehen können, keine eindeutige Antwort, sondern viele. Dieser Befund steht im Kontrast zu Versuchen, in den Fachdidaktiken der Naturwissenschaften eine Art Konsens-Liste über zentrale Aspekte der Natur der Naturwissenschaften zu etablieren (z.B. Abd-El-Khalick, 2012; Lederman, 2007). Die Idee einer Konsens-Liste über Lehr-Lern-Inhalte zum Thema NoS wird daher m.E. recht kontrovers diskutiert (z.B. Allchin, 2011; Irzik & Nola, 2011; Duschl, 2012).

⁸ Ein Video des Rotationsapparates finden Sie neben weiteren Videos historischer Nachbauten unter <http://hidistet.wetpaint.com/page/Lernmaterialien> [25.09.2012].

Die Analyse hat bisher deutlich gemacht, dass die epistemische Strategie des Experimentierens nicht von Hintergrundbedingungen losgelöst werden kann, die von den verwendeten Instrumenten, den von ihnen verkörperten Theorien, weiteren theoretischen Hintergrundannahmen und sozialen Prozessen in der scientific community aufgespannt werden. Experimente können Beobachtungen und Daten generieren, die selbst der Interpretation bedürftig sind. Sie sind in keinem Fall "Antwortenmaschinen" auf von der Theorie aufgeworfene empirische Fragen, sondern führen ein vielfältiges Eigenleben. Das Ziel des Experimentierens lässt sich eher als Bemühen um Kongruenz experimenteller Praktiken mit theoretischen Annahmen deuten. Hypothesen zu testen kann dagegen nur als eine von mehreren experimentellen Strategien verstanden werden. Der Prozess des naturwissenschaftlichen Experimentierens wird in der Darstellung der Naturwissenschaftler/innen selbst mit Notwendigkeit verzerrt, wenn sie z.B. ihre Ergebnisse in Publikationen dokumentieren. Experimente sollten systemisch und prozessual verstanden werden, wie es der Begriff des Experimentalsystems nahe legt. Experimentieren als Prozess verstanden gleicht einem Schwebestadium, in dem Kongruenz gerade noch nicht erfolgreich hergestellt werden konnte. Dieser Zustand ist von Fragehaltungen und Unsicherheit geprägt, die ausgehalten werden müssen: Verstehe ich das Instrument, das ich einsetze, richtig? Messe oder beobachte ich nur ein Phänomen oder mehrere? In welchem Verhältnis steht meine Messung zu meinen theoretischen Ideen? Was muss ich mit dem Instrument anstellen, damit ich messe, was glaube ich, messen zu können? Wie erkenne ich systematische und zufällige Messunsicherheiten? Wie gehe ich mit Daten und Beobachtungen um, die ich nicht widerspruchsfrei interpretieren kann? Und so fort....

Die fachdidaktische Analyse hat dagegen gezeigt, dass der Umgang mit unsicherer Evidenz und das Problem der Stabilisierung experimenteller Systeme im Physikunterricht weitgehend verniedert werden. Davon zeugt der kritisierte Umstand, dass Experimentieren stark vorstrukturiert wird. Dieser Befund lässt starke Zweifel aufkommen, ob Physikunterricht authentisch im Sinne der Forschungsdisziplin Physik heißen darf. Die fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsarbeit der vergangenen Jahrzehnte hat sich mit Recht und erfolgreich an den Referenzpunkten Schüler/Kind und Kontext abgearbeitet. Die Natur der Naturwissenschaften und damit verbunden die Prozesshaftigkeit von Forschungsprozessen sind als Referenzpunkte authentischen Unterrichts noch kaum systematisch berücksichtigt worden. Die Entwicklung von forschend-entdeckendem Unterricht wird dem Prozesscharakter naturwissenschaftlicher Forschungsprozesse große Aufmerksamkeit schenken müssen, sofern der Referenzpunkt Naturwissenschaften für die Herstellung von Authentizität gegenüber seinen Alternativen präferiert wird. Lerngelegenheiten sollten, um in diesem Sinne authentisch zu sein, so beschaffen sein, dass theoretische Idee, experimentelle Handlungen, Instrumente und ihre Konstruktion, Daten und ihre Analyse ständig aufeinander bezogen werden können. Wir kommen nicht umhin, Experimentieren als einen unsicheren Schwebestadium anzuerkennen.

Literatur

- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Baumeister, A. (1898). Handbuch der Erziehungs- und Unterrichtslehre für höhere Schulen, Bd. 4. München: Beck'sche Verlagsbuchhandlung, S. 10, zitiert nach Beck, V. v. (2009). "Man lasse doch die Dinge selber sprechen" - Experimentierkästen, Experimentalanleitungen und Erzählungen zwischen 1870 und 1930. *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaft, Technik und Medizin*, 17(4), 387-414.
- Bell, T. (2007). Entdeckendes und forschendes Lernen. In S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Hrsg.), *Physikmethodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- Bencze, J.L., & Giuseppe, M.d. (2006). Explorations of a Paradox in Curriculum Control: Resistance to Open-ended Science Inquiry in a School for Self-directed Learning. *Interchange*, 37(4), 333-361.

- Berger, V. (2007). Die experimentelle Methode. In S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Hrsg.), *Physikmethodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 29-43). Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- Bianchini, J. A., & Colburn, A. (2000). Teaching the Nature of Science through Inquiry to Prospective Elementary Teachers: A Tale of Two Researchers. *JRST*, 37(2), 177-209.
- Bleichroth, W., Dahncke, H., Jung, W., Merzyn, G., & Weltner, K. (1991). *Fachdidaktik Physik*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Brickhouse, N. (1994). Bringing in the outsiders: reshaping the science of the future. *Journal of Curriculum Studies*, 26(4), 401-416.
- Buxton, C. A. (2006). Creating contextually authentic science in a "low performing" urban elementary school. *JRST*, 43(7), 695 – 721.
- Capps, D.K. & Crawford, B.A. (2012). Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: Are they happening? *Journal of Science Teacher Education* (DOI 10.1007/s10972-012-9314-z)
- 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.
- Clough, M. P. (2006). Learners' Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction. *Science Education*, 15, 463-494.
- Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I. & Ralle, B. (Hrsg.) (2008). *Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster: Waxmann.
- Duhem, P. (1978 [1908]). *Ziel und Struktur der physikalischen Theorien*. Hamburg: Meiner.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2012). How can Conceptual Change Contribute to Theory and Practice in Science Education?. In B.J. Fraser, K.G. Tobin & C.J. McRobbie (eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 107-118). Dordrecht: Springer.
- Duschl, R. & Grandy, R. (2012). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science & Education* (DOI 10.1007/s11191-012-9539-4).
- Edelson, Daniel C. (1998). Realising Authentic Science Learning through the Adaption of Scientific Practice. In B.J. Fraser, K.G. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 317-331). Kluwer Academic Publishers.
- Flick, L.B. (2000). Cognitive Scaffolding that Fosters Scientific Inquiry in Middle Level Science. *Journal of Science Teacher Education*, 11(2), 109-129.
- Frercks, J. (2000). Creativity and Technology in Experimentation: Fizeau's Terrestrial Determination of the Speed of Light. *Centaurus*, 42(4), 249-287.
- Galison, Peter L. (1987). *How Experiments End*. University of Chicago Press.
- Gallagher, J.J., & Tobin, K. (1987). Teacher management and student engagement in high school science. *Science Education*, 71, 535-555.
- Gooding, D. (1997). Review of Scientific Practice: Theories and Stories of Doing Physics by Jed Z. Buchwald. *Isis*, 88(1), 121-122.
- Gyllenpalm, J. & Wickman, P.-O. (2011). "Experiments" and the Inquiry Emphasis Conflation in Science Teacher Education. *Science Education*, 95, 908-926.
- Habben, D., & Mehrle, U. unter Mitarbeit von Heering, P., Meya, J., Rieß, F., Rohlf's, G., Sibum, H.O. (1994). *Vom Bernstein zur Voltasäule: Geschichte der Elektrizität im Unterricht. Materialien zu einer Unterrichtsreihe*. Marburg: Redaktionsgemeinschaft SozNat.
- Hacking, I. (1984). Experimentation and Scientific Realism. In J. Leplin, *Scientific Realism* (pp. 154-192). Berkeley u.a.: University of California Press.
- Hacking, I. (1992). The self-vindication of the laboratory sciences. In A. Pickering (ed.), *Science as Practice and Culture* (pp. 29-64). Chicago.
- Hacking, I. (1993 [1983]). *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press.
- Hagner, M. & Rheinberger, H.-J. (1998). Experimental systems, objects of investigation, and spaces of representation. In M. Heidelberger & F. Steinle (Hg.), *Experimental Essays* (pp. 355-373), Baden-Baden: Nomos.
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the Purpose of this Experiment? Or Can Students Learn Something from Doing Experiments?. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655-675.
- Heering, P. (1995). *Das Grundgesetz der Elektrostatik. Experimentelle Replikation, wissenschaftshistorische Analyse und didaktische Konsequenzen*. Oldenburg, Diss..
- Heering, P. & Höttecke, D. (accepted, to appear 2013). Historical-Investigative Approaches in Science Teaching. In M. Matthews, *Handbook of Historical and Philosophical Research in Science Education*, Springer.
- Heidelberger, M., & Steinle, F. (Hg.) (1998). *Experimental Essays - Versuche zum Experiment*. Baden-Baden: Nomos.

- Henke, A. & Höttecke, D. (2011). Beschreiben und Erklären elektrischer Vorgänge. Die Fallstudie "Charles du Fay" (Describing and explaining electrical phenomena. The case study "Charles du Fay"). *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 22(Heft 126), 20-24.
- Henke, A., & Höttecke, D. (2013). Entwicklung von Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften im Rahmen forschenden Lernens und historischer Fallstudien. In S. Bernholt, *Zur Didaktik der Chemie und Physik, GDGP-Jahrestagung in Hannover 2012* (S. 372 - 374). Kiel: IPN.
- Hentschel, K. (1998). *Zum Zusammenspiel von Instrument, Experiment und Theorie. Rotverschiebung im Sonnenspektrum und verwandte spektrale Verschiebungseffekte von 1880 bis 1960*. Hamburg: Kovac Verlag, Habil..
- Hentschel, K. (2000). Historiographische Anmerkungen zum Verhältnis von Experiment, Instrumentation und Theorie. In Chr. Meinel (Hrsg.), *Instrument - Experiment: Historische Studien* (S. 13-51), Berlin / Diepholz: Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik.
- Hofstein, A. & Kind, P.M. (2012). Learning In and From Science Laboratories. In B.J. Fraser, K.G. Tobin & C.J. McRobbie (eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 189-207). Dordrecht: Springer.
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, pp28-54.
- Höble, C., Höttecke, D., & Kircher, E. (ed.) (2004). *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften - Wissenschaftspropädeutik für die Lehrerbildung und die Schulpraxis*. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- Höttecke, D. (2000a). How and what can we learn from replicating historical experiments? A case study. *Science & Education*, 9(4), 343-362.
- Höttecke, D. (2000b). Die experimentelle Tätigkeit Michael Faradays (The experimental work of Michael Faraday). In Chr. Meinel (Hrsg.), *Instrument - Experiment: Historische Studien* (S. 360-368), Berlin / Diepholz: Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik.
- Höttecke, D. (2001a). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *ZfDN*, 7, S. 7-23.
- Höttecke, D. (2001b). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*. Berlin: Logos-Verlag.
- Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 21(119), 4-12.
- Höttecke, D. & Silva, C.C. (2011). Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge - An Analysis of Obstacles. *Science & Education*, 20(3-4), 293-316.
- Höttecke, D., Henke, A., & Rieß, F. (2012). Implementing History and Philosophy in Science Teaching - Strategies, Methods, Results and Experiences from the European Project HIPST. *Science & Education*, 21(9), 1233-1261.
- Irzik, G. & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 20, 591-607.
- Jonas-Ahrend, G. (2004). *Physiklehrervorstellungen zum Experiment im Physikunterricht*. Berlin: Logos-Verlag.
- Kang, N.-H., & Wallace, C.S. (2005). Secondary Science Teachers' Use of Laboratory Activities: Linking Epistemological Beliefs, Goals, and Practices. *Science Education*, 89(1), 141-165.
- Kang, N.-H., Orgill, M.K., & Crippen, K.J. (2008). Understanding Teachers' Conceptions of Classroom Inquiry with a Teaching Scenario Survey Instrument. *Journal of Science Teacher Education*, onlinefirst.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *ZfDN*, 3(3), 3-18.
- Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. *JRST*, 39(7), 551-578.
- Krüger, J., Ruhrig, J., & Höttecke, D. (2013). Lehrerperspektiven auf unsichere Evidenz II: Ergebnisse einer Gruppendiskussionsstudie. In S. Bernholt, *Zur Didaktik der Chemie und Physik, GDGP-Jahrestagung in Hannover 2012* (S. 702 - 704). Kiel: IPN.
- Kutschmann, Werner (1986). *Der Naturwissenschaftler und sein Körper: Die Rolle der "inneren Natur" in der experimentellen Naturwissenschaft der frühen Neuzeit*. Frankf. a. M.: Suhrkamp.
- Kutschmann, Werner (1994). Erfinder, Entdecker oder Richter. Wandlungen des Subjektverständnisses in den Naturwissenschaften. In W. Misgeld, K.-P. Ohly, H. Rühaak, & H. Wiemann (Hrsg.), *Historisch-genetisches Lernen in den Naturwissenschaften* (S. 287-308), Weinheim Deutscher Studienverlag.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1986 [1979]). *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton: Princeton University Press.

- Lederman, N.G. & Lederman, J.S. (2012). Nature of Scientific Knowledge and Scientific Inquiry: Building Instructional Capacity Through Professional Development. In B.J. Fraser, K.G. Tobin & C.J. McRobbie (eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 335-359). Dordrecht: Springer.
- Lunetta, V.N., Hofstein, A., & Clough, M.P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory, and practice. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 393-441). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Medawar, P.B. (1991 [1963]). Is the Scientific Paper a Fraud? In P.B. Medawar, *The Threat and the Glory: Reflections on Science and Scientists* (pp. 228-233), Oxford u.a.: Oxford University Press.
- Metz, D., & Stinner, A. (2006). A role for historical experiments: capturing the spirit of the itinerant lecturers of the 18th century. *Science & Education*, 16, 613-624.
- Metz, D., Klassen, S., McMillan, B., Clough, M., & Olson, J. (2007). Building a Foundation for the Use of Historical Narratives. *Science & Education*, 16, 313-334.
- Nawrath, D. (2010). *Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht*. Oldenburg: Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion.
- Nott, M. & Wellington, J. (1996). When the black box springs open: practical work in schools and the nature of science. *IJSE*, 18(7), 807-818.
- Pickering, A. (1993). Living in the Material World: on Realism and Experimental Practice. In D. Gooding, T. Pinch & S. Schaffer, *The Uses of Experiment. Studies in the Natural Sciences* (pp. 275-297), Cambridge: University Press.
- Rheinberger, H.-J. (1997). *Toward a history of epistemic things. Synthesizing proteins in the test tube*. Stanford (California): Stanford University Press.
- Rheinberger, H.-J. (2006). *Experimentalsysteme und epistemische Dinge*. Suhrkamp-Verlag.
- Roehrig, G. H., & Luft, U. A. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *IJSE*, 26, 3-24.
- Ruhrig, J., Ohlsen, M., & Höttecke, D. (2013). Lehrerperspektiven auf unsichere Evidenz I: Projektziele, -design und Erhebungsinstrumente. In S. Bernholt, *Zur Didaktik der Chemie und Physik, GDGP-Jahrestagung in Hannover 2012* (S. 699 - 701). Kiel: IPN.
- Schauble, L.; Glaser, R.; Duschl, R.; Schulz, S.; Johnson, J. (1995). Students' Understanding of the Objectives and Procedures of Experimentation in the Science Classroom. *Journal of the Learning Sciences*, 4, 131-166.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.
- Solomon, J., Scot, L., & Duveen, J. (1996). Large-Scale Exploration of Pupils' Understanding of the Nature of Science. *Science Education*, 80(5), 493-508.
- Steinle, F. (1997). Entering New Fields: Exploratory Uses of Experimentation. *Philosophy of Science*, 64 (Suppl.), 65-74.
- Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie. *ZfDN*, 10, 51-69.
- Trumpler, M. (1997). Verification and Variation: Patterns of Experimentation in Investigations of Galvanism in Germany, 1790-1800. *Philosophy of Science* (Proceedings of the 1996 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association), Supplement, 64 (4), 75-84.
- Wagenschein, Martin (1968). *Verstehen Lehren. Genetisch-sokratisch-exemplarisch*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Willems, K. (2007). *Schulische Fachkulturen und Geschlecht. Physik und Deutsch - natürliche Gegenpole?* Bielefeld: Transkript-Verlag.
- Wong, S.L & Hodson, D. (2008). From the Horse's Mouth: What Scientists Say About Scientific Investigation and Scientific Knowledge. *Science Education*, 98, 109-130.
- Ziman, J. (2000). *Real Science. What it is, and What it means*. Cambridge: Cambridge University Press.

Aus Fehlern wird man klug Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion des „Messfehlers“

Hintergrund und Motivation



Abb.1: Bildliche Darstellung der zentralen Begriffe der konventionellen Fehlerrechnung.

Diese Interpretation zeigte sich zuletzt deutlich an der Diskussion um die scheinbar überschnellen Neutrinos am CERN. Hierzu titelten Meldungen zunächst, die neuen Erkenntnisse lägen zwischen Sensation und Messfehler, wenig später wurde den Messfehlern die Ehre zuteil, zum Retter Einsteins erhoben zu werden, bevor ihnen schließlich die Verantwortung des abrupten Karriereknicks der beteiligten Physiker zugeschoben wurde (vgl. Abb. 2).

Der Begriff des Messfehlers vereinigt auch in der breiten Lehliteratur eine Vielzahl von Facetten eines messtechnischen Ärgernisses. Beispielsweise steht der Begriff für

- die Abweichung zwischen angestrebtem Soll- und in der Messung erhaltenem Ist-Wert („Verglichen mit dem Literaturwert beträgt der Messfehler 5,2 Ω/m .“)
- die Ursache einer Abweichung („Grund für die Abweichung sind Messfehler, beispielsweise Temperaturschwankungen oder ein Luftzug im Labor.“)
- eine vermeidbare fehlerhafte Handlung der Experimentierenden („Die Abweichung ist auf menschliches Versagen / ungenaues Ablesen der Experimentierenden zurück zu führen.“)
- einen als fehlerhaft herausgestellten Wert selbst („Dieser Wert ist ein Messfehler und kann von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen werden.“). (Die angegebenen Zitate sind jeweils Beispiele aus der Lehliteratur und aus Äußerungen Studierender in den unten beschriebenen schriftlichen Befragungen.)

Messungen sind in der Forschung der Naturwissenschaften und ihrer Didaktiken ein Schlüssel zu belastbarer Information, aus deren Interpretation wir neue Erkenntnisse gewinnen und bestehende Annahmen prüfen können. Sie bilden das Rückgrat unserer fachlichen und fachdidaktischen Diskussionen und müssen sich darum der Frage nach ihrer Belastbarkeit unterziehen lassen. Diese Informationen kommen schließlich nicht als präzise Zahlenwerte, sie sind vielmehr – der gängigen fachlichen Formulierung nach – stets fehlerbehaftet. Diese sogenannten *Messfehler*, die den gesuchten exakten Werten stets anhaften, sind den üblichen Darstellungen zufolge ein Ärgernis in unserer sauberen Beweisführung oder wie Mellor (1967) es ausdrückt, eine „Wucherung an der adretten deduktiven Struktur der Naturwissenschaften“.



Abb 2: Zeitungsberichte zu Neutrinos mit Überlichtgeschwindigkeit am CERN von golem.de, taz und Financial Times.

Messfehler werden in der Lehrliteratur entsprechend meist als singuläre, detektierbare und im Idealfall vermeidbare Ereignisse dargestellt, die entweder auf die äußeren Messbedingungen oder aber auf Fehlverhalten der Messenden zurückzuführen sind. Solche Charakterisierungen werden durch die mit dem Begriff „Fehler“ verbundenen Assoziationen verstärkt. Epistemologisch lässt er sich auf das mittelhochdeutsche „Fähl“ zurückführen, das im späten Mittelalter als Beschreibung verwendet wird, bei einem Ziel daneben zu schießen oder im übertragenen Sinne: einen Bock zu schießen (vgl. Grimm & Grimm, 1862). Diese Sprachwurzel beschreibt der Begriff demnach eine menschliche Fehlleistung des Verpassens.

Eine Rückbesinnung auf die anfängliche Frage nach der Belastbarkeit quantitativer Messergebnisse in unseren Wissenschaften macht allerdings klar, dass diese Darstellungen einseitig sind und zu kurz greifen. Die Frage nach der Belastbarkeit experimenteller bzw. empirischer Werte zielt vielmehr auf eine Diskussion der begrenzten Genauigkeit, die jedem quantitativen Messwert inhärent ist. Dies bezieht sich also auf einen Bereich der *Unsicherheit*, der den ausgewählten Bestwert umgibt oder noch besser: ein Maß für den Wertebereich, der der gesuchten Messgröße realistischweise zugeordnet werden kann (vgl. GUM, 2008). Und die Bedeutung, die dieser Messunsicherheit im Umgang mit allen quantitativen Daten zukommt, ist elementar, sowohl in den (Natur-)Wissenschaften und ihren Didaktiken als auch für die Bildung der mündigen Gesellschaft:

- Für die (Natur-)Wissenschaften spielt die Unsicherheit in sämtlichen experimentellen Entscheidungsprozessen eine Rolle, beispielsweise bei der direkten Ermittlung eines Messwertes, bei der indirekten Bestimmung eines Ergebnisses, bei der Wiederholung einer Messung oder dem Ergebnis einer aufgenommenen Messreihe, beim Vergleich von Ergebnissen und allgemein in der Repräsentation und Interpretation der Information aus einer Messung. In fachwissenschaftlichen wie fachdidaktische Aufsätzen vermisst man oft die Diskussion der Unsicherheit bzw. der Qualität der dargestellten Daten. Dies zeigt sich beispielsweise in der fehlenden Angabe der Unsicherheit zu den Messwerten oder ihrer Interpretation, dem Referieren unangemessen vieler signifikanter Stellen angesichts der Kleinheit der Stichprobe oder der Ungenauigkeit der Messung oder die freimütige Modellierung vieler verschiedener Arten von Datensätzen durch die Normalverteilung.
- In unserem medialen Alltag beschränkt sich diese Problematik aber nicht auf Anwendungen im Elfenbeinturm der Wissenschaft. Der informierte und kritische Umgang mit Daten ist ebenfalls eine notwendige *Kompetenz in einer mündigen Gesellschaft*, in der wir uns tagtäglich von Datenmaterial umgeben sehen, deren Ursprung, Grundlage und Qualität in den meisten Fällen unbekannt bleiben. Beispiele hierfür sind übliche Prognosen des Wetters oder der Börsenkurse, die langanhaltenden Diskussionen um die Gefährdung durch Handystrahlung etc., minutengenau festgehaltene Haltbarkeitsdaten oder auch die weithin unbeachtete Randnotiz des Robert-Koch-Institutes auf dem Höhepunkt der Schweinegrippe, dass sie den aktuellen Schnelltests eine Verlässlichkeit von 10 bis 50% zurechneten. Der kanadische Wissenschaftsjournalist Stephen Strauss (2006) bringt unsere notwendige Skepsis in diesem Datenschwungel auf den Punkt, wenn er schreibt: „As a kind of civic duty like voting and paying taxes we must challenge the experts and their measurement. We must say: Don't blithely tell me what you have found, Herr Professor, but tell me how you found it and what your measuring stick was.“

Wenn wir von *Messfehlern* – oder besser: *Messunsicherheiten* – sprechen, geht es folglich um die Information, auf Grund derer die Bewertung und Interpretation der uns umgebenden Datenmengen erst möglich ist. Die zentrale Bedeutung von Messunsicherheiten in der natur-

wissenschaftlichen Forschung ist demnach die Frage nach der Bewertung, der Interpretation und nach unserem Vertrauen in die erzielten Ergebnisse. An der Diskussion dieser Messunsicherheiten können wir viel lernen über die Information, die einer Messung entspringt und die Bedeutung einer Messung für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, damit über die Natur der Naturwissenschaften. Der informierte Umgang mit ihnen muss demnach zwingender Bestandteil der naturwissenschaftlichen universitären Ausbildung sein – sowohl für die angehenden Fachwissenschaftler als auch für die zukünftigen Lehrkräfte. Allerdings zeigen internationale Studien der letzten 25 Jahre aus den USA, Südafrika und Frankreich, dass Lernende große Schwierigkeiten mit dieser Thematik haben. Ein Blick in die Lehr- und Schulbuchliteratur zeigt, dass auch Terminologie, Methoden und Anwendungen der Datenanalyse in Bezug auf Messunsicherheiten fachlich ebenfalls auf sehr wackeligen Beinen stehen. Im deutschsprachigen Bildungsraum ist die Thematik von fachlicher wie fachdidaktischer Seite bislang nicht angegangen worden. Auch international lassen sich bislang nur eine Handvoll Studien (Séré et al., 1993, Lubben & Millar, 1996, Allie et al., 1998, Buffler et al., 2001) und kaum konkrete Verfahrensvorschläge für den Umgang mit Messunsicherheiten ausmachen. Zudem haben bisherige Studien zu Lernendenvorstellungen zwar Beschreibungen der bestehenden Verstehens- und Anwendungsschwierigkeiten geliefert, allerdings kaum Beiträge zur Klärung ihrer Ursachen leisten können.

Resultierende Forschungsfragen

Zentrale Aspekte des Forschungsprojektes lassen sich daher anhand der folgenden drei Fragen zusammenfassen:

1. Treffen die in den internationalen Studien beschriebenen Vorstellungen und Schwierigkeiten der Lernenden auch auf Studierende an deutschen Universitäten zu?
Diese Frage lässt sich anhand einer Vergleichsstudie verhältnismäßig leicht behandeln. Falls eine Übertragbarkeit der internationalen Ergebnisse bestätigt werden könnte, ergäbe sich daraus allerdings die nächste Forschungsfrage:
2. Worin liegen die Schwierigkeiten der Lernenden begründet?
Die Beantwortung dieser Frage ist nun wesentlich komplexer und konnte von den bisherigen Studien auch kaum beantwortet werden, da sie mindestens die tiefere Analyse der Lernendenperspektive, des Handelns der Lernenden und des fachlichen Gegenstandes einschließt. Nach der erfolgten Klärung von Vorstellungen und fachlichem Inhalt erfolgt konsequenterweise die dritte Forschungsfrage:
3. Welche Forderungen müssen an eine adäquate Lernumgebung gestellt werden, die das Verstehen der Natur und den Umgang mit Messunsicherheiten unterstützt?

Theoretischer Rahmen

Den aus dem Stand der Forschung und der Bedeutung der Thematik abgeleiteten Forschungsfragen zufolge muss ein Forschungsprojekt zum Umgang mit Messdaten und ihrer begrenzten Genauigkeit demnach die Klärung von Lernendenperspektiven und fachlichem Inhalt umfassen, um daraus Forderungen an eine adäquate Lernumgebung abzuleiten. Hierzu bietet sich als theoretischer Rahmen das Modell der Didaktischen Rekonstruktion an (Kattmann et al., 1997). Die Ergebnisse der fachlichen Klärung und der Lernendenperspektiven werden in diesem Modell zum tieferen Verstehen des betrachteten Gegenstandes auf-

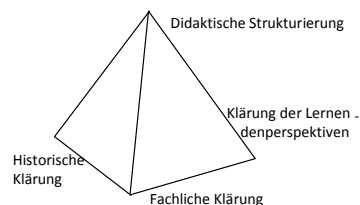


Abb. 3: Um die historische Klärung erweitertes Modell der Genetisch-Didaktischen Rekonstruktion.

einander bezogen und daraus Folgerungen zur Didaktischen Strukturierung entwickelt. Für die vorliegende Arbeit wurde das Modell zu Gunsten einer breiteren Grundlagenforschung um eine eigenständige historische Klärung erweitert (*Genetisch-Didaktische Rekonstruktion*). Die Ergebnisse der empirischen Erhebungen und fachlichen Klärungen zeigten nämlich, dass die festgestellten Missstände in Bezug auf Begriffe, Methoden und Anwendungen der Thematik nicht oder nur sehr unzureichend verstanden werden können, wenn nicht ihre historische Genese mit einbezogen wird. Wie im Folgenden dargelegt wird, fließen die Erkenntnisse aus der historischen Klärung sowohl dem Verstehen der Lernendenperspektiven als auch der fachlichen Analyse zu.

Ergebnisse der Studien zu Lernendenperspektiven

Bisherige internationale Studien (s.o.) hatten bereits auf Missstände bezüglich der Begriffe, Methoden und Anwendungen der Datenanalyse und „Fehlerrechnung“ hingewiesen. Im Rahmen der Klärung der Lernendenperspektive wurden zwei Studien durchgeführt:

- **Studie A** als schriftliche Online-Befragung (offene Items) von 118 Physikstudierenden vor und 99 nach Durchlaufen des Grundpraktikums Physik an zehn deutschen Universitäten
- **Studie B** mit Datentriangulation (schriftliche Befragung, videographierte Beobachtung bei der Durchführung einer ähnlichen experimentellen Aufgabe und anschließendes validierendes und vertiefendes Interview) mit 31 Studierenden der Universität Oldenburg

Die Items der schriftlichen Befragung waren dabei entlang einer experimentellen Aufgabe gewählt und enthielten u. a. Fragen zur direkten und indirekten Bestimmung eines Messwertes (vgl. Abb. 4), zum Ergebnis einer Messreihe, zum Vergleich von Messreihen, dem Vergleich von Messergebnissen untereinander und mit einem vorgegebenen Zielwert. Außerdem wurden im zweiten Teil des Instrumentes verschiedene Items mit Fragen über Aspekte der Nature of Science angeboten.



Abb. 4: Item SRI des Online-Instrumentes (direkt bestimmter Messwert)

Ergebnisse der Studie A

Die Ergebnisse der Online-Befragung von Physikstudierenden zu Beginn des Physikalischen Grundpraktikums bestätigten die bereits international festgestellten Schwierigkeiten im Umgang mit Messdaten und ihren Unsicherheiten auch für die Situation der deutschen Hochschulen. Generell stellte die Messunsicherheit für die Mehrzahl der befragten Studierenden keinen notwendigen Teil der Ergebnisangabe dar. 20% berücksichtigten die Messunsicherheit in der Ergebnisangabe beim direkten Ablesen eines Messgerätes, 10% beim Ablesen einer Taschenrechneranzeige, 40% gaben nach unterschiedlichen Methoden ein Maß der Unsicherheit für den Mittelwert einer Messreihe an. Auffälligerweise änderten sich diese Anteile nicht von Pre- zu Post-Test. Die nähere Analyse der in den offenen Antworten gegebenen Begründungen zeigte dabei, dass die wesentliche Änderung zwischen den Ergebnissen der Pre- und der Post-Studie weniger in dem tieferen Verstehen, sondern im routinisierten Anwenden der Methoden zur Datenauswertung besteht. Beispielsweise wurde im Post-Test häufiger auf die Methode der Fehlerfortpflanzung zur Bestimmung der Unsicherheit eines Ergebniswertes verwiesen oder auf die Standardabweichung, wenn nach der Übereinstimmung zweier Messreihen gefragt war. Dafür traten allerdings alternative Argumente in den Hintergrund wie beispielsweise das Abschätzen der Ergebnisunsicherheit in Bezug auf die Unsicherheit der unsichersten Eingangsgröße oder auf die Überlappung der Ergebnisbereiche beim Vergleich zweier Messreihen. Die Befragten verwiesen hier häufiger

darauf, dass die Fragen der Items gar nicht ohne die Durchführung der Rechenroutinen zu beantworten seien. Die Analyse der Antworten erfolgte anhand der Qualitativen Inhaltsanalyse (Gropengießer, 2008) mit induktiver Kategorienentwicklung. Abschätzungen der Unsicherheiten und Verfahrensvorschläge erfolgten ansonsten meist anhand von Faustregeln und konnten nicht weiter begründet werden.

Der ersten Forschungsfrage nach der Übertragbarkeit folgte wie oben dargestellt die Frage nach den Ursachen der aufgezeigten Schwierigkeiten. Um diese Ursachen näher zu ergründen, musste allerdings eine alternative Analyseverfahren entwickelt werden, um die Antworten der befragten Studierenden auf die offenen Items nicht wie in bisherigen Studien auf Kernargumente reduzieren oder in ihre Einzelargumente zerlegen zu müssen. Um vielmehr die komplexe Metastruktur der Argumentation abbilden zu können, wurde in der vorliegenden Studie nach dem Ansatz der Abduktion nach Peirce (1965) ein Modell handlungsleitender Kognitionen entwickelt und durch viele iterative Schleifen verschiedener Items ausgeschärft. Das Modell ordnet zum einen die vielen Kategorien insgesamt fünf Bereichen der handlungsbezogenen Argumentation zu und erlaubt zum anderen darzustellen, welche dieser Bereiche in einer Antwort angesprochen und eventuell miteinander verknüpft werden. Zur Visualisierung dieser potentiellen Verknüpfungen wurden die einzelnen Bereiche auch als Puzzlesteine dargestellt (vgl. Abb. 6). Die Bedeutungen der einzelnen Bereiche lassen sich anschaulich anhand eines Beispielitems aus dem schriftlichen Instrument veranschaulichen. Auf die Frage „Würdest du deine Messung noch einmal wiederholen?“ lassen sich bezogen auf die unterschiedlichen Bereiche des Modells sehr unterschiedliche Antworten formulieren, wie in Abb. 5 nachfolgend dargestellt ist.

Item MR: „Würdest du deine Messung wiederholen?“

Formal-normative Argumente beziehen sich auf den formalen und theoretischen Rahmen der experimentellen Handlung, beispielsweise anhand von Regeln und Rahmenbedingungen: *„Man muss bei jeder Messung immer dreimal messen.“*

Numerisch-ergebnisbezogene Argumente beziehen sich auf das erhaltene numerische Ergebnis der Messung: *„Nein, mein Ergebnis liegt nah genug am Literaturwert.“*

Prozedural-evaluative Argumente beziehen sich auf die Auswertungsroutinen: *„Ich würde die Messung wiederholen, weil man für die Berechnung der Standardabweichung mindestens sechs Daten braucht.“*

Prozedural-genetische Argumente beziehen sich auf die Genese und Historie der ermittelten Ergebnisse: *„Ich würde meine Messung wiederholen, wenn es dafür Gründe aus der bereits durchgeführten Messung gibt.“*

Argumente der experimentelle Realisierung beziehen sich auf den experimentellen Aufbau: *„Ich würde die Messung wiederholen, wenn der Aufbau es nahelegt, wenn er beispielsweise so instabil ist, dass Auswirkungen auf die Daten zu erwarten sind.“*

Würdest du deine Messung noch einmal wiederholen?

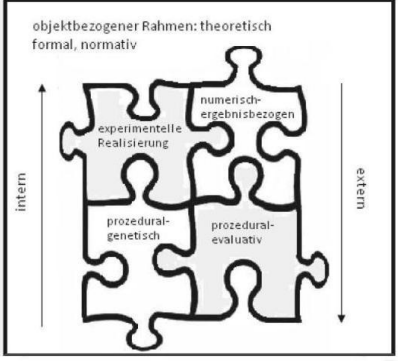


Abb. 5: Beispiel des Items MR zur Illustration der fünf Bereiche des Modells handlungsleitender Kognitionen im experimentellen Kontext.

Wendete man nun das Modell als Analyseinstrument auf die Daten der schriftlichen Befragung an, zeigte sich das interessante Ergebnis, dass die Antworten der befragten Studierenden in der überwiegenden Mehrheit der Fälle nur jeweils Argumente aus einem der fünf Bereiche enthielten. Falls sie mehrere Argumente (zu jeweils unterschiedlichen Bereichen) enthielten, standen diese ganz unverbunden nebeneinander. Die Bereiche wiesen in den Studierendenantworten folglich eine deutliche Entkopplung auf. Diese Entkopplung zeigte sich noch deutlicher in den Ergebnissen der Studie B.

Ergebnisse der Studie B

Da alle bisherigen Studien durchweg schriftlich erfolgt waren, hatten die Befragungen bislang nur solche Kognitionen der Lernenden erhoben, die Leuchter (2009) als *verhaltensferne handlungsleitende Kognitionen* bezeichnet, also ein Argumentieren *über* eine Handlung, nicht *in* einer Handlung. Es ist daher ebenfalls zu fragen, ob sich die dort erhobenen Kognitionen tatsächlich mit den *verhaltensnahen handlungsleitenden Kognitionen* decken, wie sie in einer realen experimentellen Handlung zum Tragen kommen. In Studie B wurden daher Daten aus unterschiedlichen Erhebungssituationen und -methoden trianguliert. Die Triangulation bestand aus den Daten

1. einer schriftlichen Befragung nach dem Muster der Studie A. Der Kontext wurde in Anlehnung an eine Studie der Universität Kapstadt gewählt.
2. einer realen Experimentieraufgabe im Physikalischen Praktikum analog zum Kontext des schriftlichen Instrumentes (nach 3-4 Tagen)
3. eines validierenden und vertiefenden Interviews (nach 1-2 Wochen)

Im Vergleich der Ergebnisse aus schriftlicher Befragung und praktischer Experimentierhandlung wurde deutlich, dass zwischen den erhobenen verhaltensfernen und verhaltensnahen handlungsleitenden Kognitionen große Unterschiede bestehen. In Bezug auf das oben diskutierte Item sprachen sich beispielsweise über 80% der Studierenden in der schriftlichen Befragung dafür aus, dass die beschriebene Messung noch mehrfach wiederholt werden müsse. In der praktischen Übung wiederholten allerdings nur vier der 13 Teams (je zwei bis drei Studierende) die Messung tatsächlich. Dabei überwogen zusätzlich ad hoc und zufällige Gründe über Argumente methodischen Handelns. Während über 50% der Befragten in der schriftlichen Studie die Messunsicherheit in mindestens einer Frage der Begründung hinzuzogen, spielte die Betrachtung der Messunsicherheit ungeachtet der mechanischen Instabilität des experimentellen Aufbaus in den realen Handlungen keine Rolle. (Tatsächlich entsprang dieser Instabilität eine so große Streuung der Daten, dass keine Aussagen über Abhängigkeiten zu den variierten Parametern möglich waren.) Während alle Befragten schriftlich Gründe für eine mögliche Streuung der Messwerte nennen konnten, wurden Streuung und Ursachen in der analogen realen Handlung nicht diskutiert, benannt oder optimiert. Vergleichskriterien wie wiederkehrende Werte, die in der schriftlichen Befragung keine Rolle gespielt hatten, tauchten in den realen Handlungen als Kriterien der Bewertung von Messergebnissen oder zum vorzeitigen Abbruch einer Messreihe auf.

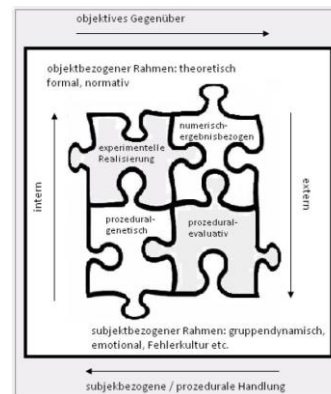


Abb. 6: Modell handlungsleitender Kognitionen im experimentellen Kontext nach den Ergebnissen von Studie A und B.

Die Transkripte der realen Handlungen weisen darüber hinaus noch deutlicher als die Ergebnisse der Studie A die Entkopplungen der oben diskutierten fünf handlungsbezogenen Bereiche auf. So wurden die Informationen über das experimentelle Design, die Datengenerierung und bekannte formale Vorgaben zwar benannt, aber nicht zu einem konsistenten Bild der komplexen experimentellen Situation zusammengefügt. Die Instabilität des experimentellen Aufbaus wurde so beispielsweise nicht in Zusammenhang mit einer möglicherweise daraus prozedural-genetisch resultierenden Streuung der Messdaten in Verbindung gebracht. Methodische Konsequenzen bezüglich der prozedural-evaluativen Methoden wurden nicht gezogen und angewandte normativ-formale Vorgaben nicht mit der vorliegenden experimentellen Situation abgeglichen. Darüber hinaus wurde ebenfalls deutlich, dass die beobachteten Studierenden auch vor einer Wiederholung der Messungen zurückschreckten, sofern zu befürchten war, dass diese Wiederholung keine Reproduktion des vorherigen Messwertes liefern könnte. Im Fokus der validierenden Handlungen stand stets die Bestätigung durch Reproduzierung und nicht die Suche nach weiterer Information. Diese Beobachtung wirft auch die zentrale Frage nach der vorherrschenden Fehlerkultur in den experimentellen Übungen der naturwissenschaftlichen Ausbildung auf, wenn Messungen nicht wiederholt werden, um voneinander abweichende Ergebniswerte von vornherein zu vermeiden oder im Fokus der experimentellen Handlung primär die Reproduktion bereits bekannten Wissens und nicht neuer Information steht.

Schließlich wird an der näheren Analyse der realen Handlungen der Studierenden deutlich, dass der Umgang mit Messdaten und Messunsicherheiten in der praktischen experimentellen Handlung noch durch eine weitere entscheidende Dimension geprägt ist, die in der schriftlichen Befragung völlig unbeachtet bleiben musste: Die sozialen, persönlichkeitsbezogenen und gruppenspezifischen Prozesse innerhalb des experimentierenden Teams sowie äußere Faktoren wie beispielsweise gefühlter Zeit- und Ergebnisdruck. Dieser Aspekt konnte von den bisherigen Studien ebenfalls nicht untersucht werden. An diesen Ergebnissen sieht man aber, dass ihr Einfluss von zentraler Bedeutung ist. Daher konnte das oben beschriebene Modell handlungsleitender Kognitionen im experimentellen Kontext auf Basis der Ergebnisse von Studie B noch erweitert werden: der Rahmen unterteilt sich hier nun in einen objektiven, auf normative, formale und theoretische Vorgaben bezogenen, und einen subjektiven Teil, der eben diese gruppenspezifischen, emotionalen und persönlichkeitsbezogenen Aspekte mit einbezieht.

Wie die weiteren Analysen des Umgangs mit Messdaten und ihren Unsicherheiten zeigen, handelt es sich hierbei allerdings nicht um ein rein didaktisches Problem, dem mithilfe der Konzeption adäquater Lernumgebungen abgeholfen werden könnte. Die Schwierigkeiten liegen nicht nur in der Form, sondern auch dem Inhalt der Vermittlung, wie die Analysen des fachlichen Inhaltes und seiner historischen Genese zeigen.

Ergebnisse der Fachlichen Klärung

Wer sich einmal eingehender mit den Methoden der sogenannten Fehlerrechnung beschäftigt, sieht sich schnell einigen fachlichen Ungereimtheiten und Inkonsistenzen gegenüber. Im Rahmen der fachlichen Klärung wurden die Inhalte kritisch auf ihre fachliche Konsistenz hin geprüft. Es seien im Folgenden einige Beispiele hierfür gegeben.

- Bei einfachen Methoden wie dem uns heute so geläufigen **arithmetischen Mittel** wird die Berechtigung ihrer Anwendung auf alle möglichen Datensätze kaum in Frage gestellt. Das war historisch durchaus anders. Tatsächlich liefert das arithmetische Mittel nicht allgemein für alle Datenverteilungen den geeignetsten Repräsentanten.

- Hinter dem Begriff der **Standardabweichung** verbirgt sich eine Sammlung verschiedener Rechenroutinen und statistisch-wahrscheinlichkeitstheoretischer Aussagen, die keiner der befragten Studierenden und auch kaum ein Lehrbuch fachlich korrekt auseinander halten.
- Die Unterscheidung von **zufälligen und systematischen Messfehlern** ist nicht widerspruchsfrei auf reale Situationen anwendbar. Falls nach gängiger Praxis unter die systematischen nur konstante und unter die zufälligen nur normalverteilte Einflüsse gezählt werden, decken die Kategorien außerdem nur Idealfälle der Datenverteilungen ab, die real nicht erreicht werden.
- Das bereits angesprochene Problem der **Fachterminologie** tritt im Deutschen besonders deutlich hervor. Die übrigen benachbarten europäischen Sprachen Englisch, Spanisch, Italienisch, Französisch verfügen jeweils über Termini, um die Begriffe *error* (bzw. *errore*, *erreur*) und *mistake* (bzw. *faute*, *fallo*) auseinander zu halten. Im Deutschen steht diese Unterscheidung mit dem einen Begriff des *Fehlers* hingegen nicht zur Verfügung.
- Problematisch gestaltet sich ebenfalls die Vermischung der beiden unterschiedlichen mathematischen und auch wissenschaftsphilosophischen **Interpretationen von Wahrscheinlichkeit** im Ansatz der Fehlerrechnung, nämlich der *frequentistischen* und der *probabilistischen*. Die Versöhnung beider Ansätze ist bis heute ein ungelöstes Problem der Mathematik. Die Vermischung beider führt auf typische, aber mathematisch schlichtweg falsche Interpretationen der Aussagen der Fehlerrechnung wie: „Der wahre Wert liegt mit 68% Wahrscheinlichkeit innerhalb einer Standardabweichung um den Bestwert.“ (vgl. d’Agostini 1999).
- Die übliche, sehr freimütige Verwendung der **Normalverteilung** für eine große Bandbreite an Datensätzen ist fachlich ebenso problematisch. Sie warf vor rund 150 Jahren noch heftige Diskussionen auf, von denen heute kaum noch etwas übrig geblieben ist.
- Schließlich muss die bei Studierenden gefürchtete **Fehlerfortpflanzung** in Inhalt und Anwendung kritisch in den Blick genommen werden. In eine mathematisch aufwändige Black box werden hier mehr oder weniger willkürlich abgeschätzte Werte für die einzelnen Eingangsgrößen eingegeben und durch das Getriebe partieller Ableitungen gedreht, um am Ende einen Wert zu erhalten, der die „Breite des Papierkorbs“ angibt, innerhalb derer ein Ergebnis noch als getroffen angenommen werden kann. Warum gerade dieser Wert das Zünglein an der Waage darstellen soll, ob ein erhaltenes Ergebnis noch als brauchbar gelten darf, bleibt den Lernenden dabei den Ergebnissen der empirischen Studien nach unklar. Letztendlich kommt es der üblichen Aufgabenstellung nach auch lediglich darauf an, diesen Wert genügend groß zu generieren, so dass er das eigene Ergebnis noch in die sichere Umgebung um den Literaturwert hineinrettet.

Diese Missstände inkonsistenter Methoden und fehlender Standards haben Wissenschaftler und Industrie seit den 1970er Jahren ebenfalls beschäftigt. Unter Federführung des Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) einigten sie sich auf eine internationale Empfehlung, die fachlich zumindest viele der angesprochenen Problemfelder angeht. Dabei handelt es sich um den *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)*, einen von der ISO herausgegebenen *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*. Der GUM basiert auf einem probabilistischen Ansatz der Interpretation von Wahrscheinlichkeit. Er verwendet neben der Normalverteilung auch andere Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen, die die Information aus einer Messung repräsentieren sollen. Er trennt folglich die Information nicht in Bestwert und Fehler, sondern repräsentiert die Information einer

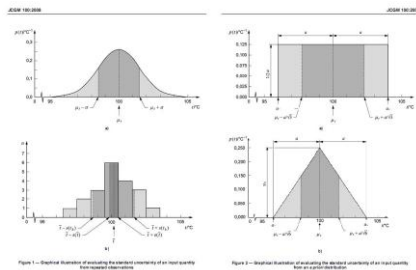


Abb. 7: Gängige Wahrscheinlichkeitsverteilungen zur Repräsentation von Datenverteilungen nach GUM.

ebenso "routinisierungsgefährdet" sind wie die der konventionellen Fehlerrechnung, wenn seine probabilistischen Fundamente nicht mittransportiert werden. Diese Aspekte bedürfen noch weiterer Forschungstätigkeit.

In Bezug auf die Frage nach den Ursachen der in der empirischen Studie aufgezeigten Schwierigkeiten der Lernenden lässt sich also feststellen, dass ein Teil der Ursachen in den fachlichen Inkonsistenzen des Gegenstandes selbst begründet liegt, der den Lernenden vermittelt werden soll. Wo liegen nun die Ursachen für diese Inkonsistenzen? Antworten hierauf finden sich in der Analyse der historischen Genese des kritisierten Inhaltes.

Ergebnisse der Klärung der historischen Genese

Die historische Klärung hat zum einen die Aufgabe, die Genese der heute bekannten Termini, Methoden und Anwendungen nachzuzeichnen und die fachlichen Missstände dadurch näher verstehen zu können. Zum anderen dient sie dazu, die epistemologische Entwicklung eines Verstehens empirischer Forschung und der mit ihr verbundenen Begrenztheit quantitativer Daten anhand der historischen Entwicklung zu vertiefen, um damit auch die Vorstellungen und Schwierigkeiten der Lernenden näher nachzuvollziehen. In der historischen Klärung wurden daher für die einzelnen Epochen jeweils zwei Wissenschaftler in ihren Vorstellungen über den Umgang mit Messdaten und Messunsicherheiten einander gegenüber gestellt, die zu gleicher Zeit an vergleichbaren Problemen arbeiteten. Obwohl diese beiden Personen vergleichbare gedankliche Rahmenbedingungen hatten, führten doch persönliche und fachliche Aspekte jeweils zu einem unterschiedlichen Denken und einem unterschiedlichen Umgang mit Messunsicherheiten.

Die Geschichte der quantitativen naturwissenschaftlichen Forschung beginnt bereits im *antiken Griechenland*. Beispielsweise findet sich bei Hipparchos (ca. 190-125 v. Chr.) schon eine erhebliche Sensibilität für die begrenzte Genauigkeit von Messdaten und ihre Auswirkung auf die Interpretierbarkeit dieser Daten, da diese Daten in der Theoriebildung anders als bei Aristarchos (ca. 310-230 v. Chr.) tatsächlich Bedeutung erlangten.

Messunsicherheiten erhalten also kritische Relevanz, wenn empirisches Datenmaterial für die Erkenntnisgewinnung kritisch bedeutsam wird.

Ein Sprung in die sogenannten Anfänge der *modernen Naturwissenschaft* zu Galilei (1564-1642) und Kepler (1571-1630) zeigt: In Keplers Werken zeigt sich eine entscheidende Weiterentwicklung, wo sich Empirie und Theorie auf Augenhöhe begegnen. Ein anschauliches Beispiel ist u. a. Keplers Schwenk auf elliptische statt kreisförmige Planetenbahnen, da er zwischen den für eine Kreisbahn theoretisch berechneten und den tatsächlich von

Messung durch ein Wertintervall aller, der gesuchten Messgröße mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zuzuordnenden, Werte. Er verwendet in der Konsequenz auch nicht den Begriff des „Fehlers“, sondern der „Unsicherheit“ eines Bestwertes und unterscheidet in der Verrechnung dieser Unsicherheiten nicht in zufällige und systematische Fehler, sondern in Unsicherheiten, die nach Typ A oder Typ B (je nach geeigneter Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung) ermittelt werden. Kritisch ist allerdings anzumerken, dass der GUM bislang weder epistemologisch analysiert noch didaktisch aufbereitet ist und dass seine Methoden

Brahe gemessenen Daten eine Diskrepanz von $8'$ feststellt, die sich mit der den Daten beizumessenden Unsicherheit von $2'$ nicht erklären lässt.

Messunsicherheiten gewinnen dort an Bedeutung, wo die Forschungsfrage (oder Aufgabenstellung) offen und nicht von einer theoretischen Erwartung bereits geschlossen ist.

Ein nächster Meilenstein ist die Diskussion um den *Bestwert einer Datenmenge*, die die Naturwissenschaften lange Zeit beschäftigt hielt. Die Berechnung eines gemeinsamen Mittelwertes ist nur dann zu begründen, wenn man alle Daten für kombinierbar hält und ihnen einen „gleichen Beweisgrund“ zuerkennt. Ansonsten wäre es vorteilhafter, aus einem Datensatz die besten herauszufinden, als diese besten durch die Hinzunahme weniger guter Messwerte nur zu verschlechtern. Die Herangehensweisen von Euler (1707-1783) und Mayer (1723-1762) verdeutlichen diese beiden Auffassungen anhand vergleichbarer astronomischer Berechnungen.

Die Unsicherheit wird zu einer verallgemeinerbaren Eigenschaft eines Datensatzes, wenn die Messdaten als gleichwertig und damit als kombinierbar aufgefasst werden können.

Die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts bringt die Entwicklung der Präzisionsmechanik und damit die Möglichkeiten der *Präzisionsmessung*. Die Messungen werden genauer, was der quantitativen terrestrischen Naturwissenschaft enormen Aufwind verleiht und in der Konsequenz auch die Frage mit sich bringt, wie die Qualität von Daten zu bewerten sei. Robison (1739-1805) und Coulomb (1736-1806) lösen das Problem unterschiedlich: Coulomb als eine Bewertung von Zielgenauigkeit (englisch: accuracy) im Vergleich zum theoretischen Erwartungswert, Robison als Kriterium der Präzision (englisch: precision) in der Analyse der Streuung innerhalb der Datenmenge.

Eine Weiterentwicklung des Verstehens von Messunsicherheit ergibt sich, wenn nach der Präzision der Daten gefragt wird.

Um diese „Präzision“ quantitativ beschreiben zu können, braucht es allerdings ein Maß und somit einen Ansatz der mathematischen Beschreibung einer Datenverteilung. Viele Ansätze zur Modellierung von Messdatenverteilungen verliefen im Sande, bis schließlich Gauss das Problem mit der zwischenzeitlich entwickelten Wahrscheinlichkeitstheorie verknüpfte. Er behandelte die Daten als zufallsverteilt und leitete aus der Annahme des arithmetischen Mittels als Bestwert die Normalverteilung als Repräsentantin dieser Verteilung ab. Gauss führte also in zwei wesentlichen Aufsätzen (1809 und 1821) die Normalverteilung, die Standardabweichung und die Fehlerfortpflanzung ein. Gauss warnte dort gleichzeitig davor, diese Methoden zu unbedacht zu verwenden und diskutierte neben der Normalverteilung auch andere Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen zur Repräsentation von Daten. (Interessanterweise entsprechen die von ihm vorgeschlagenen genau den vom GUM diskutierten Verteilungen.) Gauss warnt dabei gleichzeitig vor zu großer Strenge bei der Kategorisierung in regelmäßige (systematische) und zufällige Abweichungen (1821, §2), vor der ubiquitären Anwendung der Methoden (1821, §6), vor der unhinterfragten Anwendung des Mittelwertes (1809, §177) und der Normalverteilung (1809, §179). Während Gauss, Laplace und andere aber noch um die Begründung und Begründbarkeit der vorgeschlagenen Methoden rangten (beispielsweise anhand von Zentralem Grenzwertsatz und Elementarfehlerhypothese), setzte gleichzeitig eine weitere Entwicklung in der Anwendung eben dieser Methoden ein, die für das Verstehen der Entkopplungen, wie sie oben bei der Analyse der Lernendenperspektive aufgezeigt wurden, von weitreichender Bedeutung sind.

So eröffneten die angeregten Methoden – wenn auch von Gauss vermutlich unbeabsichtigt – die Möglichkeit der Systematisierung und Objektivierung der Prozesse zur Datenauswertung, die bis dahin noch stark auf Erfahrungen und Informationen aus dem Entstehungs-

prozess der Daten beruhen. So entstand die Möglichkeit der Entkopplung der Prozesse von Datengenese und Datenevaluation und weiter die Möglichkeit der arbeitsteiligen Entkopplung zeitlicher, räumlicher und auch personeller Art, wie wir sie auch in heutigen Praktika der naturwissenschaftlichen Ausbildung finden. Hinzu kam die oben angesprochene Vermischung der bayes-probabilistischen mit der aufkommenden statistisch-frequentistischen Interpretation von Wahrscheinlichkeit. Dinges beschreibt treffend (1998):

„[Man muss] bedenken, dass die Wissenschaftler des 19. Jahrhunderts ihre wenigen Daten mit Liebe und Verstand überprüft haben und keinesfalls blind die Methode ... auf die rohen Daten angewandt haben. Die Gefahr, dass die Methode Unsinniges liefert und dass die Resultate als wissenschaftliche Wahrheit verkauft werden, ist heute größer als vor 200 Jahren.“

In den folgenden, knapp 200 Jahren fanden die von Gauss vorgeschlagenen Methoden mehr und mehr Verbreitung. Bereits in den 1840er Jahren kamen die ersten Anleitungen zu ihrer Anwendung auf den Markt, von denen aber viele wie das Buch von Fischer (1845) eine starke Vereinfachung und Verwässerung der Methoden vornahmen und deswegen Gauss' Unmut auf sich zogen. Schließlich fand eine stark vereinfachte Form 1870 auch Eingang in die erste Praktikumsanleitung (Kohlrausch 1870), bis schließlich heute die Fehlerrechnung in fast jedem Lehrbuch und in vielen Schulbüchern der Physik zu finden ist. Seit den 1970er Jahren wird diese Routinisierung der Methoden durch die Einführung elektronischer Hilfsgeräte zur Datenauswertung verstärkt (Taschenrechner, PCs und entsprechende Software). Das unreflektierte Anwenden der Auswertungsmethoden wird durch die rechnergestützten Möglichkeiten automatisierter Rechenroutinen noch deutlich begünstigt.

Abgeleitete Forderungen an eine Didaktische Strukturierung

Bringt man nun die Ergebnisse der drei Klärungsbereiche zusammen, lassen sich Forderungen an eine adäquate fachliche Strukturierung formulieren:

- Die Repräsentation der in den empirischen Daten und ihrer Interpretationen enthaltenen Information und ihrer Unsicherheit ist anstelle der konventionellen Fehlerrechnung anhand der probabilistischen Darstellung des GUM vorzunehmen.
- Eine inhaltliche mathematische, terminologische und wissenschaftsphilosophische Überarbeitung des Umgangs mit Messdaten und ihrer begrenzten Genauigkeit ist erforderlich.
- Ein offenes Aufgabendesign ist anzustreben, in dem die Information anstelle der Reproduktion im Vordergrund steht und die Rolle der Empirie informativ und nicht konfirmativ bzw. illustrativ gestaltet ist.
- Entkopplungen in Bezug Arbeitsteilung, unterschiedliche Personen, räumliche und zeitliche Distanz ist vorzubeugen. Eine Verknüpfung der informationsbezogenen Bereiche des beschriebenen Modells ist durch Aufgabenstellung und Fehlerkultur zu unterstützen.
- Die Methoden der Datenauswertung müssen in verschiedenen komplexen, realen Kontexten mehrfach diskutiert werden. Dabei muss das Verstehen, nicht das Anwenden im Fokus stehen.

Ausblick

Die auf Basis der drei Klärungsbereiche von Lernendenvorstellungen, fachlichem Inhalt und historischer Genese abgeleiteten Forderungen an eine adäquate Lernumgebung sind bisher nur in einer ersten Vorstudie erprobt worden. Zukünftige Forschungsarbeiten (vgl. Buffler et al., 2008) werden die Konzeption, Erprobung und Evaluation dieser Lernumgebungen in den Fokus nehmen und zu einer vollständigen Didaktischen Rekonstruktion im Sinne der im Modell vorgesehenen iterativen Schleifen zu führen. Dies schließt wie bereits angemerkt ebenfalls die epistemologische und ontologische Analyse der Methoden des GUM und die Erhebung und Berücksichtigung von Lernendenvorstellungen bezüglich probabilistischer Darstellungen von Wissen ein. Hierzu wurde kürzlich eine internationale Forschungs-kooperation der Universitäten Oldenburg, York (UK) und Kapstadt (Südafrika) ins Leben gerufen, die sich dieser Forschungsziele in den kommenden zwei Jahren widmen wird.

Es ist an der Zeit, dass wir das Lernpotential ausschöpfen, dass sich uns in dieser Thematik bietet über die

- Information und Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften,
- die Qualität und Interpretation quantitativer Daten und
- die begrenzte Genauigkeit dieser Daten.

Anstatt über Messfehler als Spielverderber der sauberen deduktiven Struktur der Naturwissenschaften zu reden, sollten wir die Unsicherheit unserer Daten und Erkenntnisse lieber genießen, erkunden und uns zu tieferer Erkenntnis zu Nutze machen.

Literatur

- Allie, S., Buffler, A., Kaunda, L., Campbell, B., & Lubben, F. (1998). First year physics students' perceptions of the quality of experimental measurements. *International Journal of Science Education*, 20 (4), 447–459
- BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP & OIML (1995/2008). *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)*. Geneva: International Organization for Standardization
- Buffler, A., Allie, S., Lubben, F., & Campbell, B. (2001). The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, 23 (11), 1137-1156
- Buffler, A., Allie, S. & Lubben, F. (2008a). Teaching Measurement and Uncertainty the GUM way. *The Physics Teacher*, 46, 539-544
- D'Agostini, G. (1999). Teaching statistics in the physics curriculum: Unifying and clarifying the role of subjective probability. *American Journal of Physics*, 67 (12), 1260–1268
- Dinges, H. (1998). *Lineare Theorie und kleinste Quadrate*. Vorlesung im Wintersemester an der Universität Frankfurt. Skripte unter: <http://ismi.math.uni-frankfurt.de/dinges/teaching/> (Stand Juli 2011)
- Fischer, P. (1845). *Lehrbuch der höheren Geodäsie*, Band 1. Darmstadt: Leske
- Gauss, C.F. (1809). *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium*. In: A.Börsch & P.Simon (Hrsg.) (1887). Berlin: P. Stankiewicz
- Gauss, C.F. (1821). *Theoria combinationis observationum erroribus minimis obnoxiae*, 1. Teil. In: A.Börsch & P.Simon (Hrsg.) (1887). Berlin: P. Stankiewicz
- Grimm, J. & Grimm, W.G. (1862). *Deutsches Wörterbuch*. Leipzig: Hirzel Verlag
- Gropengießer, H. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung*. In: P.Mayring und M.Gläser-Zikuda (Hrsg.). *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse*. Weinheim: Beltz, 172-189
- Heinicke, S. (2012). *Aus Fehlern wird man klug – Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion des "Messfehlers"*. Berlin: Logos
- 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
- Kohlrausch, F. (1870). *Leitfaden der practischen Physik*. Leipzig: Teubner.
- Leuchter, M. (2009). *Die Rolle der Lehrperson bei der Aufgabebearbeitung: Unterrichtsbezogene Kognitionen von Lehrpersonen*. Münster: Waxmann

- Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18 (8), 955-968
- Mellor, D.H. (1967). Imprecision and explanation. *Philosophy of Science*, 34, 1-9
- Peirce, C.S. (1965/1986). Deduktion, Induktion und Hypothese. In: Walther, E. (Hrsg.): C.S.Peirce: Die Festigung der Überzeugung und andere Schriften. Baden-Baden: Agis, S. 127-142.
- Séré, M.-G., Journeaux, R. & Larcher, C. (1993). Learning the statistical analysis of measurement error. *International Journal of Science Education*, 15, 427-438
- Strauss, S. (2006). The virtue of being wrong. *CBC News Viewpoint*. June 23, 2006. <http://www.cbc.ca> (Stand: Juli 2011).

Lydia Schulze Heuling¹
Gerald Reuther²

¹Universität Freiburg
²Freie Universität Berlin

Phänomene im leeren Raum Schauxperimente im Rahmen experimenteller Wissensproduktion

Einen der wenigen Publikumsberichte zu den berühmten Magdeburger Halbkugelexperimenten kann man dem Reisetagebuch des Herrn von Monconys entnehmen. Der Sekretär des Herzogs von Chevreuse befindet sich mit demselben auf einer Lustreise in Magdeburg und berichtet sinngemäß von dort: Otto von Guericke, seines Zeichens Bürgermeister der Stadt, habe sich zwei kupferne Halbkugeln anfertigen lassen, die sich - wenn man sie aufeinander passe und dann auspumpe - auch von 80 Pferden nicht trennen ließen (vgl. Monconys, 1663/ 1968).

Der vage Seitenblick Monconys belegt weniger die genaue Funktionsweise der Vakuumexperimente als vielmehr ihren Rezeptionserfolg. Ihr Ruf hatte sich bis 1663 schon in Frankreich verbreitet. Die Magdeburger Halbkugeln sind einfache, äußerst effektvolle, pädagogische Vakuum-Experimentalsysteme, die in verschiedenen Formen von Lehr- und Schauxperimenten seit dem 17. Jahrhundert immer wieder vorgeführt werden. Guericke selbst beschreibt neben dem Pferdeversuch drei weitere Vakuumversuche mit den Magdeburger Halbkugeln:

„[So] erwog ich auch das Folgende: Ob wohl diese Halbkugeln AB bei ihrer Trennung durch ein Fallgewicht einen ebenso lauten Knall geben würden wie ein Pulvergeschütz beim Abfeuern der Kugel. Ich ließ deswegen die Schalen in gebührender Weise aufeinanderpassen und die Luft auspumpen. Als sie so zu einer Vollkugel vereint und oberhalb aufgehängt waren, wurde ein an einem Seil hängendes Zentnergewicht losgelassen und fiel herunter. Was ging aber dabei alles zu Bruch, ohne dass doch die Halbkugeln getrennt wurden! Und da zudem die Gefahr bestand, dass das angehängte Gewicht unversehens herabstürzte und einen der umstehenden Zuschauer verletzte oder gar tötete, gab ich den Versuch, nachdem ich ihn dreimal ohne Erfolg angestellt hatte, endgültig auf.“ (Guericke, 1672/ Guericke, 1968, S. 118)

Gemein ist diesen Beschreibungen, dass sie die ohnehin spektakulären Effekte bewusst inszenieren, stilisieren und dramatisieren (vgl. Guericke, 1672/ Guericke, 1968, S. 116ff). Durch einen scheinbar wahllos miterzählten Aufführungszusammenhang wird der unfassbare Moment des Ereignens - für jene, die das Glück hatten, der Aufführung beizuwohnen - immer wieder aktualisiert. Gefühle werden gleichsam gesammelt und archiviert. Zugleich wird der Leser, der es nicht erfahren hat, durch Lebendigkeit und Unmittelbarkeit der Publikation eine (fast) ebenso unmittelbare Augenzeugenschaft suggeriert.

Analoges gilt für die Abbildungen der Versuche, die Caspar Schott schon für seine "mechanica hydraulico-pneumatica" (Schott, 1657) entwickelt und für seine "technica curiosa" (Schott, 1663) mit einem fiktiven Publikum und Assistenten des Experimentators verziert hat. Zwanglos geriert sich dadurch in den Texten eine Ökonomie der lebendigen Emotionen. Es erscheint beinahe, als wäre man dabei gewesen. Und jeder kritische Einwand verweist stets auf die unmittelbar ersichtliche Evidenz des performativen Augenblicks zurück.

Diese Form der Darstellung schreibt sich in der Folge dem allgemeinen, ästhetischen Verständnis von Wahrheit ein. Spektakuläre Versuche generieren im 17. Jahrhundert allmählich ein neues Vorstellungsbild, eine neue Form von Wahrheit. Wissen, das in diesem Stil präsentiert wird, ist kein Produkt langsamer Gelehrsamkeit mehr. Es erschließt sich nicht mehr allein demjenigen, der Jahre disziplinierten Studiums alter Schriften aufwendet, um allmählich letztgültige Harmonien zu erarbeiten. Wahrheit tritt hier im schnellen Durchbruch als plötzliche Einsicht oder Erkenntnis auf, die sich in jedem Augenblick ihres Ereignens unmittelbar manifestiert.

Diese visuelle Ästhetik des Experimentellen liefert insofern einen Schlüssel zum Verständnis wissenschaftlicher Wandlungsprozesse im 17. Jahrhundert. Im Zuge ästhetischer Neuorientierungen avanciert das sichtbare Phänomen zum paradigmatisch wirksamen Zentrum der Wahrheitsproduktion. Zugleich ändern sich Fragestellungen, Forschungsmotivationen und Argumentationen derart, dass das gesuchte Residuum nun stets in einem Augenblick - beziehungsweise in einem Experiment - zu erscheinen vermag.

Diese allmähliche, aber nichtsdestoweniger durchgängige Aufwertung experimentell produzierter Ereignisse zur methodischen Grundlage der Wissenschaften verläuft zunächst bekanntlich nicht unumstritten. Im Wege stehen nicht nur, wie populärhistorisch angelegentlich kolportiert, die ewig Gestrigen mit überkommenen Vorurteilen (vgl. etwa Shapin & Schaffer, 1985). Die neue Experimentalwissenschaft muss sich vielmehr gegen ein in Jahrhunderten durchdachtes, selbstverstärkendes Gebilde aus argumentativen Regeln, kanonischen Texten, systematischen Gelehrsamkeiten und vollkommenen Harmonien durchsetzen.¹

Was wäre für eine Wissenswelt, die entlang göttlicher Harmonien bereits wohlgeordnet ist, wohl durch die Akzeptanz künstlicher Phänomene zu gewinnen, die ja vom Sündenfall verunreinigt erscheinen?

Die Experimentalwissenschaft setzt gegen das geschlossene Weltbild ihrer Gegner die eigendynamische Evidenz abzählbar weniger Experimentalsysteme durch. An vorderster Front handelt es sich um drei große Visualisierungssysteme: Das Teleskop, das Mikroskop und die Vakuumexperimente (vgl. Böhme, 2003.). Diese raren visuellen Manifestationen lassen sich jedoch variabel gegen Argumente ins Feld führen, ganz ohne dass man sich in der Folge allerlei Implikationen und Konsequenzen zu stellen hätte. Experimentalphänomene, darin liegt ihr Vorteil, setzen sich durch visuelle Emotionalität in Szene und das Gefühl der Wahrhaftigkeit, das sie beim Publikum generieren, lässt sich flexibel instrumentalisieren.

Deutlicher formuliert: Man kann jedes Argument stets durch das passende Bild ausstechen. Und dies geschieht sogar ganz explizit, wie ein Blick in die "History of the Royal Society" von Thomas Sprat belegt:

„Their proceedings rather by action, then discourse; chiefly attending some particular Trials, in Chymistry, or Mechanicks : they had no method fix'd : their intention was more, to communicate to each other, their discoveries, which they could make in so narrow a compass, than an united, constant, or regular inquisition. And me thinks, their constitution did bear some resemblance, to the Academy lately begun at Paris : were they have at last turn'd their thoughts, from words, to experimental philosophy.“ (Sprat, 1667, S. 56)

¹ „Galilei kommt immer wieder darauf zu sprechen, wie die Dinge sich ereignen, während seine Gegner eine vollständige Theorie darüber hatten, warum sich die Dinge ereignen. Leider führten die beiden Theorien nicht zu den gleichen Ergebnissen.“ (Whitehead 1988, S.19)

Der Rezeptionserfolg der Vakuumphänomene wird vor dem Hintergrund dieser anti-rationalen Stellungnahme verständlich: Es handelt sich, darf man schließen, um den wissenschaftsinternen Versuch, dem jeweiligen methodischen Gegner den Rang abzulaufen.

Otto von Guericke hatte die erste Versuchsreihe mit Glasbehältern 1656 auf dem Reichstag zu Regensburg präsentiert und diese spektakuläre Aufführung war Caspar Schott bekannt geworden. Guericke hatte wohlweislich keine eindeutige, wissenschaftliche Interpretation seiner Versuchsreihen vorgeschlagen und so beginnt mit der Publikation von Schott ein Wettbewerb um die Interpretationshoheit. Athanasius Kircher, der die aristotelische Sicht Roms vertritt, korrespondiert in der Folge mehrfach mit Guericke, während Robert Boyle, der die experimentelle Position der Royal Society einnimmt, in London sofort mit der systematischen Reproduktion der Phänomene beginnt (vgl. etwa Boyles Tierversuchsreihe im Vakuumrezipienten: Boyle, 1660, S. 407ff.).

Aus diesem Spannungsfeld interessegeleiteter Rezeptionsansätze heraus verbreiten sich die Anordnungen und Instrumente aus Magdeburg zunächst in den einschlägigen naturphilosophischen Diskursen und später durch alle physikpädagogischen Lehrsammlungen. Zuletzt erobern die Magdeburger Halbkugeln an der Seite evakuierter Röhren, Rezipienten und Thermometer auch die Museen (etwa in *Phaenomena*. Das Science-Center, www.phaenomena-flensburg.de). Spektakuläre Effekte und intendierte Dramatik werden dabei unmittelbar aus dem 17. Jahrhundert in die Gegenwart überführt.

Experimente machen Wissenschaft sichtbar. Und mithin auch: Was Wissenschaft werden kann, wird bedingt durch ästhetische Effekte des Phänomens, die ihre letzte Bedeutung erst in der Erläuterung zugewiesen bekommen können. Nach Maßgabe des zeitlichen Abstands geschieht dies durch die beteiligten Forscherinnen und Forscher, die Historik oder die Didaktik.

Literatur

- Boyle, R. (1660). *New Experiments Physico-Mechanicall*. Oxford.
- Böhme, H. (2003). „Das Volle und das Leere. Zur Geschichte des Vakuums.“ In *Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik (Hrsg.), Luft*. Köln, 42-67
- Guericke, O. v. (1672). *Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio*. Amsterdam:
- Guericke, O. v. (1678). *Neue Magdeburger Versuche über den leeren Raum*. Hg. v. Hans Schimank. Düsseldorf.
- Monconys, B. de (1663/ 1968). "Besuch des Herzogs von Chevreuse und des Herrn von Monconys bei Otto von Guericke im Oktober 1663." In H. Schimank, H. Gossen, B. Maurach & F. Krafft (Hrsg.), *Neue (sogenannte) Magdeburger Versuche über den leeren Raum – Nebst Briefen, Urkunden und anderen Zeugnissen seiner Lebens- und Schaffensgeschichte*. Düsseldorf.
- Schott, C. (o.J.). "Technica curiosa." Buch 1, "Magdeburger Wunder oder auch Magdeburger Experimente mit der Luft." Übs. v. Roland Gründel. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule ‚Otto von Guericke‘*, 1/2 (1986), 132-163
- Schott, C. (1657). *Mechanica hydraulico-pneumatica*. Frankfurt am Main.
- Shapin, S. & S. Schaffer (1985). *Leviathan and the Air-Pump*. Princeton.
- Sprat, T. (1667). *The History of the Royal-Society of London For the Improval of Natural Knowledge*. London.
- Whitehead, A. N. (1988). *Wissenschaft und moderne Welt*. Übs. v. Hans Günter Holl. Frankfurt a.M.

Offenes Experimentieren in der Chemie

Beim Experimentieren bestehen umfangreiche Lernmöglichkeiten, da das Experiment eine äußerst enge Verflechtung mit vielen Bereichen des fachlich-chemischen Denkens und Handelns aufweist (Hofstein & Lunetta, 1982). So bedarf es beim Experimentieren (Krüger & Gropengießer, 2006)

- systematischer und folgerichtiger Vorüberlegungen
- einer fundierten Hypothesenbildung
- der Auswahl geeigneter experimenteller Hilfsmittel
- überlegten Handelns bei der Durchführung
- einer planvollen Beobachtung
- einer folgerichtigen Auswertung
- einer korrekten Verallgemeinerung.

Zudem bietet das chemische Experimentieren gerade dann, wenn es von Schülern selbstständig und soweit wie möglich selbstverantwortlich durchgeführt wird, die Möglichkeit zur Integration vieler Kompetenzbereiche, wie zum Beispiel den Aspekten des erweiterten Lernbegriffs (vgl. z.B. Becker, Glöckner, Hoffmann, & Jüngel, 1992) oder den Kompetenzbereichen der nationalen Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (Kultusministerkonferenz, 2004). Umgekehrt verlangen vor allem die Aspekte „methodisch-strategische Kompetenz“ und „Selbst- und Persönlichkeitskompetenz“ des erweiterten Lernbegriffs ebenso wie der Bereich der „Erkenntnisgewinnungskompetenz“ der Bildungsstandards, dass Schüler die Möglichkeit erhalten, offen und selbstverantwortlich mit chemischen Experimenten umzugehen.

Ein weiterer Anlass, offen(er)es Experimentieren zu fordern, findet sich in den bisherigen Erfahrungen mit Schülerexperimenten, deren Wirkung auf der Grundlage einiger vorliegender Ergebnisse eher skeptisch eingeschätzt werden muss. So berichtet Hammann (2004), dass bei Ursache-Wirkung-Beziehungen häufig unsystematisch vorgegangen werde und Lunetta (1998) bemängelt, dass Schülerexperimente häufig dem Effekt, nicht aber der Erklärung dienen. Hammann (2004) weist weiter darauf hin, dass häufig ohne Hypothesen experimentiert werde und Klahr (2000) hebt hervor, dass Hypothesen, sofern sie vorhanden sind, oft nicht elaboriert seien und selten entkräftet würden. Zusammenfassend stellen Melle, Parchmann & Sumfleth (2004) fest, dass das triviale, „kochbuchartige“ Abarbeiten von Versuchsvorschriften die Einsicht verhindere, womit sie andeuten, welche Chance umgekehrt in einem offeneren Zugang zum chemischen Experimentieren liegen könnte.

Verschiedene Deutungen von Offenheit

Betrachtet man die verschiedenen Ansätze zum offenen Experimentieren in der Chemie, so stellt man fest, dass es unterschiedliche Grade von Offenheit im Umgang mit dem chemischen Experiment zu geben scheint, die von einer Offenheit in Bezug auf das apparativ-handwerkliche Vorgehen bei einem ansonsten gegebenen Experiment über die Offenheit der Wahl der chemischen Methode zur Prüfung einer vorgegebenen Methode bis hin zur Freiheit, eigene Hypothesen aufzustellen, innerhalb vorgegebener Themen Schwerpunkte zu setzen, aus Themenvorschlägen auszuwählen oder Thema und experimentelles Vorgehen völlig frei zu wählen reichen. Die folgende Tabelle versucht, diese verschiedenen Grade von Offenheit wiederzugeben und mit entsprechenden Beispielen aus dem schulischen und außerschulischen Bereich zu unterlegen:

Offenheit	schulisch	außerschulisch
offene Themenwahl	- Projekte - Chemie-AGs	- einige Schülerlabore (SL), z.B. Freies Experimentieren (Brink & Ralle, 2002) - Schülerforschungszentrum Nordhessen (www.physikclub.de) - Jugend forscht
Themenvorschläge		Schülerlabore / Science Center
Schwerpunktsetzung innerhalb eines Themas	Chemie im Kontext (Demuth, Parchmann, Gräsel & Ralle, 2008)	themenspezifische Schülerlabore (z.B. BayLab health)
Hypothesen	Forschend-entwickelnder Unterricht	
chemisches Vorgehen	selbst geplante Experimente	
apparativ-handwerklich	unvollständige Versuchsvorschriften	

Ausgewählte Erfahrungen mit der Öffnung von Experimenten

Im Rahmen des Freien Experimentierens an der TU Dortmund wurde den Schülern zunächst eine quasi vollständige Offenheit angeboten, was zu hoher bis höchster Motivation der Teilnehmer führte. Nicht selten brachten Schüler aber Themenvorschläge ein, die sich experimentell nicht oder nur schwer bearbeiten ließen (z.B. Edelsteinherstellung), wobei das experimentelle Vorgehen für die Schüler bei der Bearbeitung der frei gewählten Themen nicht prioritär zu sein schien, so dass der Anteil der theoretischen Erarbeitung teilweise bis zu 50% betrug. Gelegentlich führte die ganz offene Herangehensweise auch zu organisatorischen und/oder sicherheitstechnischen Problemen, z.B. wenn Reaktionen besonders lange dauerten und eine entsprechende Aufsicht gewährleistet sein musste. Besonders auffällig im Rahmen des offenen Ansatzes des Freien Experimentierens war die hohe Wiederkehrerquote von ohnehin hoch interessierten Schülern. Von Erfahrungen von Lehrkräften mit themenspezifischen Schülerlaboren berichten Schmidt, Di Fuccia & Ralle (2011). Demnach böten diese kaum Möglichkeiten, Themen des Lehrplans zu vertiefen oder verständlicher zu machen. Zudem würde in diesem Rahmen das Diskutieren von Fehlern sowie Kommunikation im Allgemeinen nur in einem geringen Maße eingeübt. Die befragten Lehrer hielten Experimentieren in diesem Rahmen zwar für wünschenswert, den Erwerb praktischer Erfahrungen jedoch nicht für prioritär. Insgesamt erwarteten die Lehrkräfte keinen besonders langfristigen Lernerfolg und nannten eine unterrichtliche Vor- und Nachbereitung unerlässlich, um einen Lernerfolg zu erzielen. Im Zusammenhang mit der Erprobung des Unterrichtskonzepts „Chemie im Kontext“ und der darin grundgelegten Möglichkeit für die Schüler, Schwerpunkte innerhalb eines Themas zu wählen, konnte ebenfalls festgestellt werden, dass eine experimentelle Bearbeitbarkeit der Themenschwerpunkte für die Schüler nicht prioritär zu sein scheint. Erfahrungen mit selbst geplanten Experimenten im Rahmen eines guided inquiry Ansatzes (vgl. Kandt, 2008) zeigen, dass bei alltagsnahen Themen, die ein wenig komplexes Vorgehen verlangen, die Aktivierung theoretischen Vorwissens durchaus gelingt und deutliche inhaltliche Lernzuwächse festgestellt werden können. Hingegen findet eine Entwicklung experimenteller Lösungsansätze nur eingeschränkt statt, die Planungen zu Experimenten sind allgemein wenig umfangreich, bei der Durchführung der Experimente wird wenig aufmerksam beobachtet und es entstehen

kaum Anlässe zu einer facettenreichen Auswertung. Sind jedoch komplexere Vorgehensweisen und alltagsfernere Themen Gegenstand eines solchen guided inquiry Ansatzes, so beobachtet man eine vielfältigere Aktivierung der Schüler, vermehrte Überlegungen mit hypothetischem Charakter, vielfältigere experimentelle Beobachtungen, aber auch weniger deutliche Lernzuwächse. Im Zusammenhang mit Experimenten im regulären Unterricht konnte auch gezeigt werden (Di Fuccia, 2007), dass die mangelnde Kenntnis über chemische und apparative Möglichkeiten sowie die geringe experimentelle Erfahrung der Schüler die Möglichkeiten, Experimentieren für Schüler lernwirksam zu öffnen, unter Umständen stark limitieren. Lehrer gaben im Zusammenhang mit einer Öffnung durch selbst zu planende Experimente bzw. durch die Nutzung unvollständiger Versuchsvorschriften an, dass diese Instrumente aus ihrer Sicht eher ein Diagnoseinstrument für sie denn ein Lernmedium für die Schüler sei und dass eher andere Schüler von einem solchen Vorgehen im Vergleich zum herkömmlichen Ansatz profitierten, nicht aber eine größere Zahl von Schülern oder gar alle.

Offene Fragen

Vor dem Hintergrund dieser Erfahrungen und Ergebnisse scheint aktuell noch unklar zu sein, an welchen Themen und in welchen Kontexten offenes Experimentieren für welche Schülerklientel überhaupt mit den erhofften Wirkungen verbunden ist. Insbesondere bleibt zu prüfen, in welcher Weise offen(er)es Experimentieren auf im Vorhinein schon Interessierte einerseits und zuvor bereits desinteressierte Schüler andererseits wirkt. Schließlich scheint es möglich zu sein, dass die Idee des offenen Experimentierens ein Vorschlag von Interessierten (Lehrkräften oder Didaktikern) für Interessierte ist und damit bestimmte Hoffnungen nicht wird erfüllen können.

Literatur

- Becker, H., Glöckner, W., Hoffmann, F., & Jüngel, G. (1992). *Fachdidaktik Chemie*. Köln: Aulis Verlag (2nd ed.). Köln: Aulis
- Brink, A. & Ralle, B. (2002). "Freies Experimentieren -wie es euch gefällt" - Ein Dortmunder Paten-Netzwerk. *PdN* 51(8), 30-31
- Demuth, R., Parchmann, I., Gräsel, C. & Ralle, B. (2008). *Chemie im Kontext: Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster: Waxmann
- Di Fuccia, D. (2007). *Schülerexperimente als Instrument der Leistungsbeurteilung*. Berlin: uni-edition.
- Hamman, M. (2004). *Kompetenzentwicklungsmodelle*. *MNU* 57(4), 196-203.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201–217
- Kandt, W. (2008). *Offenes Experimentieren im Anfangsunterricht*. Lübeck: Der Andere Verlag.
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science. The Cognition and Development of Discovery Processes*. Cambridge: MIT Press
- Krüger, D. & Gropengießer, H. (2006). *Hau(p)tsache Atmung - Beim Experimentieren naturwissenschaftlich denken lernen*. *MNU* 59(3), 169-176
- Kultusministerkonferenz (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) - Beschluss vom 16.12.2004*. Neuwied: Luchterhand
- Lunetta, V.N. (1998). *The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching*. In: Fraser, B.J. & Tobin, K.G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht (NL): Kluwer Academic Publishers, 249-262
- Melle, I., Parchmann, I., Sumfleth, E. (2004). *Kerncurriculum Chemie*. *MNU* 57(3), 160-166
- Schmidt, I., Di Fuccia, D.-S., Ralle, B. (2011). *Außerschulische Lernstandorte*. *MNU* 64(6), 362-369

Andreas Nehring
Kathrin H. Nowak
Annette Upmeier zu Belzen
Rüdiger Tiemann

Humboldt-Universität zu Berlin

**„VerE-Studie“
Modellbasierte Erfassung von Kompetenzen
im Bereich der Erkenntnisgewinnung der Fächer Chemie und Biologie¹**

Hintergrund

Ein zentrales Element eines den „Outcome“ fokussierenden Bildungswesens in Deutschland sind „Kompetenzen“. Als latente Konstrukte bieten sie einen Zugang zur Beschreibung, Erklärung und Erfassung von beobachtbarem Verhalten bzw. Leistungen in fachlichen Kontexten, die über eine reine Reproduktion von Wissen hinausgehen.

Beschrieben „als produktive Verbindung von Wissen und Können in verschiedenen Situationen (...) sind die Kompetenzen keine festen, situations- oder kontextfreien Größen, die einfach akkumuliert werden könnten“ (Hartig, 2008). Angesichts eines zu Teilen inflationären und nicht immer präzisen Gebrauchs des Begriffs stellt sich jedoch die Frage nach der Spezifität und Breite solcher Anforderungssituationen und der darin zu definierenden Handlungen.

Studienziel und Fragestellungen

Ziel der vorliegenden Studie ist es, einen Beitrag zur Konkretisierung und Operationalisierung von Kompetenzen für die Fächer Chemie und Biologie im Bereich der Erkenntnisgewinnung zu leisten und diese in fachlichen Anforderungssituationen beider Domänen einer Erhebung zugänglich zu machen.

Dazu wurden auf Grundlage eines gemeinsamen Modells zur Erkenntnisgewinnung je 90 kompetenzorientierte Aufgaben für die Fächer Chemie und Biologie konstruiert und Schülerinnen und Schülern der 9. und 10. Jahrgangsstufe zur Bearbeitung vorgelegt. Die so erzeugten Daten werden zur Bestimmung psychometrischer Gütekriterien sowie zur empirischen Überprüfung der Modellstruktur genutzt.

Folgende Fragestellungen werden auf dieser Grundlage beantwortet:

1. Inwiefern passt die empirische Struktur der generierten Schülerdaten zur theoretischen Struktur des Kompetenzmodells?
2. Inwiefern handelt es sich bei den Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung um fachspezifische oder fächerübergreifende Konstrukte?

Fächerübergreifendes Modell der Erkenntnisgewinnung

Basis für die Entwicklung der Items ist ein fächerübergreifende Strukturmodell der „VerE-Studie“, das Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im Bereich der Erkenntnisgewinnung für die Fächer Chemie und Biologie beschreibt (Abb. 2; Nehring, Nowak, Upmeier zu Belzen & Tiemann, 2012).

Dabei werden mit dem Beobachten, Vergleichen, Ordnen, Experimentieren und Nutzen von Modellen verschiedene „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen“ unterschieden (Mayer & Wellnitz, 2008, Upmeier & Krüger, 2010). Diese ermöglichen die Beantwortung und Überprüfung von Fragestellungen bzw. Hypothesen korrelativer bzw. kausaler Qualität.

¹ Gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)

Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen			
Modelle nutzen	M 1	M 2	M 3
Experimentieren	E 1	E 2	E 3
Beobachten, Vergleichen, Ordnen	BVO 1	BVO 2	BVO 3
	Fragestellung und Hypothese	Planung und Durchführung	Auswertung und Reflexion
			Wissenschaftliches Denken

Abb. 1: Struktur des Kompetenzmodells für die Erkenntnisgewinnung der Fächer Chemie und Biologie

Im Sinne eines hypothetisch-deduktiven Verlaufs von Untersuchungen gliedern sich diese Arbeitsweisen in das Aufstellen von Fragestellungen und Hypothesen, das Planen und Durchführen von Untersuchungen sowie deren Auswertung und Reflexion (Klahr, 2002). Auf diese Weise werden im Kompetenzmodell neun Teilkonstrukte identifiziert, die durch Aufgaben für die Fächer Chemie und Biologie konkretisiert werden können.

Vom offenen Item zum geschlossenen Item anhand von Schülerantworten

Anhand eines konkreten Beispiels soll im Folgenden das Vorgehen zur Generierung von Antwortmöglichkeiten skizziert werden. Dabei wurden Items in einer offenen Version erarbeitet und in einer qualitativen Vorstudie Schülerinnen und Schülern der 9. und 10. Jahrgangsstufe (N=141) an Berliner Gymnasien zur Bearbeitung vorgelegt. Die so erhaltenen Schülerantworten konnten für die Formulierung von Attraktoren und Distraktoren genutzt werden.

Beispielitem

Gegenstand des Items ist das Erkennen von Hypothesen, die mit Hilfe von chemischen Modellen bearbeitet werden können. In diesem Fall handelt es sich um das Teilchenmodell, das in Form einer Gleichung u.a. die stöchiometrischen Verhältnisse der Teilchen bei einer Reaktion verdeutlicht. Dabei ist für die Lösung des Items weniger ein tiefes fachliches Wissen über die Reaktion gefordert als ein Verständnis über die Möglichkeiten und Grenzen solcher Modelle.

Itemstamm

Schwarzpulver besteht aus Kaliumnitrat (KNO₃), Schwefel (S) und Holzkohle (C). Aus dem Chemieunterricht wissen Claudia und Hendrik, dass beim Anzünden von Schießpulver folgende Reaktion abläuft:



Instruktion

Nenne die Vermutung, der sie in Bezug auf die Funktion des Kaliumnitrats mit Hilfe des Modells nachgehen können.

Schülerantworten auf das offene Item in einer qualitativen Vorstudie

- „Es gibt den Sauerstoff ab, welcher benötigt wird.“
- „Es gibt die nötige Energie für eine Explosion frei.“
- „Das Kaliumnitrat wird wahrscheinlich als Katalysator gebraucht.“
- „Es reagiert mit allen anderen Stoffen somit entsteht eine heftige Reaktion, weil es ein Bestandteil einer Säure ist.“
- „Ich denke mir mal, dass das Kaliumnitrat das Schießen auslöst.“

Generierte Antwortmöglichkeiten

Kaliumnitrat ist ...

- ... Sauerstofflieferant der Reaktion.
- ... Katalysator der Reaktion.
- ... Energielieferant der Reaktion.
- ... Säurelieferant der Reaktion.

Kennwerte des Multiple Choice Items in einer quantitativen Vorstudie

Antworthäufigkeiten				Trennschärfe	Itemschwierigkeit
1	2	3	4	r_{it}	p_i
39,3 %	14,3 %	21,4 %	25,0 %	0.51	0.39

Fazit und Ausblick

An diesem Beispiel wird deutlich, dass die Antworten der Schülerinnen und Schüler in der qualitativen Vorstudie von fachlich - wenn auch nicht immer sprachlich - durchaus adäquaten Aussagen bis hin zu von alltagsnahen Vorstellungen dominierten Aussagen reichen („Ich denke mir mal, dass das Kaliumnitrat das Schießen auslöst.“). Um Lösungsstrategien zu verhindern, die sich gerade auf die Unterscheidung zwischen fachsprachlichen und alltagsnahen Formulierungen stützen, wurden alltagsnahe Antworten nicht in die Items aufgenommen. Ausgewertet mit Methoden der klassischen Testtheorie deuten die Daten der quantitativen Vorstudie, an der insgesamt 81 Schülerinnen und Schüler teilnahmen, daraufhin, dass es sich bei diesem Item um ein eher schweres Item handelt, wobei die Distraktoren in ausreichend häufigem Maße angewählt wurden.

Die treffende Bestimmung der psychometrischen Kennwerte sowie die Skalierung in Hinblick auf das zu untersuchende Konstrukt wurden in der Hauptstudie vorgenommen, die von Juni bis September 2012 durchgeführt wurde.

Literatur

- Hartig, J. (2008). Kompetenzen als Ergebnisse von Bildungsprozessen. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (Ed.). *Bildungsforschung Band 26: Kompetenzerfassung in pädagogischen Handlungsfeldern Theorien, Konzepte und Methoden*. Berlin: BMBF, 15-26
- Nehring, A., Nowak, K. H., Upmeyer zu Belzen, A. & Tiemann R. (2011). „VerE-Studie“: Aufgabenentwicklung für eine modellbasierte Erfassung von Schülerkompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung des Chemie- und Biologieunterrichts In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Berlin: LIT, 301-303
- Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg.16, 41-57
- Wellnitz, N. & Mayer, J.(2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und –niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren, In D. Krüger, A. Upmeyer zu Belzen, T. Riemeier & K. Niebert (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 7*. Berlin: VBio, 129-144

Kathrin H. Nowak
 Andreas Nehring
 Jaana Björkman
 Rüdiger Tiemann
 Annette Upmeier zu Belzen

Humboldt-Universität zu Berlin

Phasen der Erkenntnisgewinnung im Biologie- und Chemieunterricht

Unterrichtsangebote zu den in den Bildungsstandards (KMK, 2005) im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung geforderten Standards wurden bislang vor allem unabhängig voneinander für die naturwissenschaftlichen Fächer und somit nur in Ansätzen vergleichend untersucht. Dabei zielt der Kompetenzbereich auf die Einübung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen sowie auf die Reflexion des wissenschaftlichen Denkens während des Lernprozesses. Ziel der Studie ist die Dokumentation, Beschreibung und Analyse von Prozessen der Erkenntnisgewinnung vergleichend für den Unterricht in den Fächern Biologie und Chemie. Dabei bezieht sich die hier vorgestellte Teiluntersuchung auf Prozesse wissenschaftlichen Denkens.

Theoretischer Hintergrund

Grundlage für die Beschreibung von Prozessen der Erkenntnisgewinnung ist das *VerE*-Kompetenzmodell (Nehring, Nowak, Tiemann & Upmeier zu Belzen, 2011). Das Modell kombiniert drei Prozesse des wissenschaftlichen Denkens (*Fragestellung, Hypothese; Planung, Durchführung; Auswertung, Reflexion* nach Mayer, 2007; Klahr, 2000) mit drei Arbeitsweisen zur Erkenntnisgewinnung (*Beobachten, Vergleichen, Ordnen; Experimentieren; Modelle nutzen* nach Wellnitz & Mayer, 2012; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010). Die Kombination dieser Dimensionen ergibt neun mögliche Prozesse im Bereich der Erkenntnisgewinnung.

In den naturwissenschaftlichen Fächern wurden bereits Studien zur unterrichtlichen Umsetzung von fachspezifischen Elementen vorgelegt (für den Biologieunterricht z.B. Wadouh, 2008, für den Chemieunterricht z.B. Glemnitz, 2007 und für den Physikunterricht z. B. Seidel et al., 2004). Jedoch fokussiert keine der Studien auf den Prozess der Erkenntnisgewinnung oder setzt auf den direkten Vergleich zweier Fächer anhand eines gemeinsamen theoretischen Rahmens.

Ziele und Fragestellungen

Ziel des Projektes ist eine vergleichende Beschreibung und Analyse des Biologie- und Chemieunterrichts bezüglich der Umsetzung der im Kompetenzmodell beschriebenen Prozesse der Erkenntnisgewinnung. Folgende Forschungsfragen mit Blick auf die wissenschaftlichen Denkweisen werden im Beitrag fokussiert:

- Inwiefern lassen sich die Prozesse des *wissenschaftlichen Denkens* im Biologie- und Chemieunterricht identifizieren?
- Welche zeitlichen Anteile nehmen die im Kompetenzmodell beschriebenen Prozesse *wissenschaftlichen Denkens* im Biologie- und Chemieunterricht ein?

Design und Methode

Für die Dokumentation, Beschreibung und Analyse von Prozessen der Erkenntnisgewinnung im Unterricht eignet sich die Videoanalyse. Sie ermöglicht eine mehrphasige Kodierung von Unterricht. Der Blick des Beobachters kann verschiedene Aspekte des Unterrichts zeitlich versetzt untersuchen. Reanalysen und Vergleiche mit weiteren Quellen sind auch zu einem späteren Zeitpunkt möglich (Stigler et al., 1999).

Die Stichprobe setzt sich aus Unterrichtsstunden der 9. und 10. Jahrgangsstufe an Berliner Gymnasien zusammen. Insgesamt wurden im Fach Chemie 18 Unterrichtsvideos, im Fach Biologie 11 videografiert. Davon wurden bislang 15 Videos im Fach Chemie und fünf Videos im Fach Biologie ausgewertet. Die Auswertung erfolgte mit dem Programm Observer XT 10[®] mit Hilfe eines hoch-inferenten Kodiermanuals, das auf Grundlage des VerE-Kompetenzmodells die Dimension *wissenschaftliches Denken* beschreibt (Labetzki, Björkman & Tiemann, 2012). In diesem Manual sind die drei Prozesse des *wissenschaftlichen Denkens* in Variablen und Kategorien gegliedert (Hugener, 2006). Die Dimension *wissenschaftliches Denken* ist im Kodiermanual in der Variable *Phase der Erkenntnisgewinnung* beschrieben. Diese Variable setzt sich aus den folgenden sechs disjunkten Kategorien zusammen: *andere Unterrichtsaktivitäten (AU)*, *Phase der Fragestellung (FS)*, *Phase der Hypothesenbildung (HS)*, *Phase der Untersuchungsplanung und -durchführung (PD)*, *Phase der Untersuchungsauswertung und Interpretation der Ergebnisse der Untersuchung (AI)* und der *Phase der Reflexion der Untersuchung (R)*.

Ergebnisse

Die Auswertung der Unterrichtsvideos zeigt, dass sich Prozesse wissenschaftlichen Denkens sowohl im Biologie- als auch im Chemieunterricht identifizieren lassen. Dabei nimmt die *Planung und Durchführung* einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zeitlich den größten Anteil am Unterricht ein. Darüber hinaus zeigt sich, dass die Phasen *Fragestellungen entwickeln* und *Hypothesen formulieren* nur selten beobachtet wurden. Auffallend ist der große Anteil an *anderen Unterrichtsaktivitäten*. Diese Kategorie beinhaltet unterrichtliche Aktivitäten organisatorischer Art, wie das Kontrollieren der Anwesenheit und das Einsammeln von Heften oder Büchern. Ebenso enthält sie inhaltliche Aspekte, hierunter fällt ein großer Anteil an Fachwissen, das entweder durch das Wiederholen der Inhalte der vergangenen Unterrichtsstunden oder durch das Erarbeiten an Arbeitsblättern oder Buchtexten im Unterrichtsverlauf bereitgestellt wird. Zum Teil ist diese Generierung von Fachwissen direkte Vorbereitung auf die Phase der Erkenntnisgewinnung.

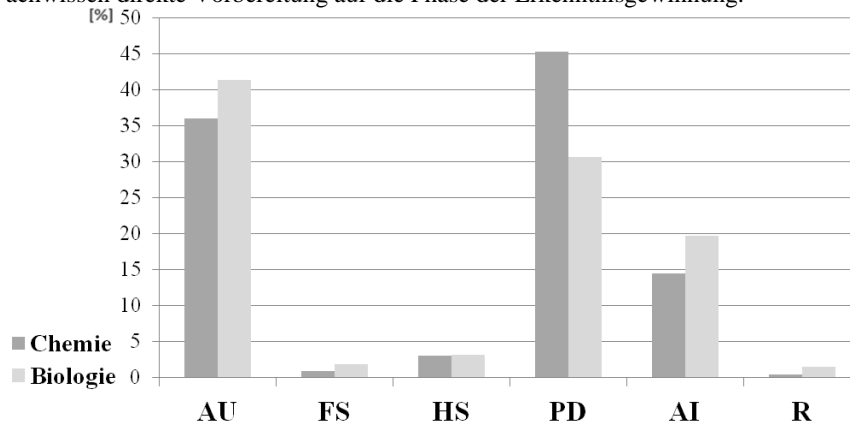


Abb. 1: Anteile der Prozesse wissenschaftlichen Denkens an der Unterrichtszeit in Prozent ($n_{\text{Chemie}}=15$, $n_{\text{Biologie}}=5$; AU = andere Unterrichtsaktivitäten, FS = Phase der Fragestellung, HS = Phase der Hypothesenbildung, PD = Phase der Planung & Durchführung, AI = Phase der Auswertung & Interpretation, R = Phase der Reflexion).

Diskussion

Die vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf fünf Biologie- und 15 Chemievideos und sind vorläufig. Im Hinblick auf den Fächervergleich zeigt sich, dass sowohl im Biologie- als auch

im Chemieunterricht alle theoretisch beschriebenen Schritte des *wissenschaftlichen Denkens* identifiziert werden konnten. In Bezug auf die zeitlichen Anteile der Unterrichtsphasen replizieren die erzielten Ergebnisse frühere Studien (z. B. Tesch & Duit, 2004). Der Anteil an Unterrichtsaktivitäten, der keinem Prozess der Denkweisen zugeordnet wurde, nimmt einen großen Teil der Unterrichtszeit ein. Ebenso wie die *Planung und Durchführung der Untersuchung*, *Hypothesenbildung* und *Reflexion* nehmen hingegen einen geringen Teil der Unterrichtszeit ein. Ob die Differenz der Fächer bei der *Planung und Durchführung* auf fachspezifische Unterschiede bei der Art, der im Unterricht eingesetzten Untersuchungen, zurückzuführen ist, wie es für die Fachgebiete im Fach Physik beschrieben wurde (Tesch & Duit, 2004), kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden.

Ausblick

Die weiterführende Analyse geschieht anhand von Variablen zu den *naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen*. Die Anfertigung von Verlaufsdiagrammen der Unterrichtsstunden zur Abfolge der theoretisch beschriebenen Prozesse erlaubt die Darstellung einer chronologischen Abfolge der Phasen der Erkenntnisgewinnung. Diese Analyseschritte ermöglichen eine detaillierte Beschreibung des naturwissenschaftlichen Unterrichts zur Erkenntnisgewinnung.

Literatur

- Björkman, J., Labetzki, T. & Tiemann, R. (2012). Ein Instrument zur Videoanalyse von Scientific Inquiry. In S. Bernholt (Hg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. DGCP, Jahrestagung in Oldenburg 2010. Münster: LIT, 304-306
- Nehring, A., Nowak, K.H., Tiemann, R. & Upmeyer zu Belzen, A. (2011). „VerE-Studie“ – Vernetzung der Erkenntnisgewinnung zwischen Chemie- und Biologieunterricht. In D. Höttecke (Hg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. GDGP, Jahrestagung in Potsdam 2010. Münster: LIT, 510-512
- Stigler, J. W., Gonzales, P., Kawanka, T., Knoll, S. & Serrano, A. (1999). *The TIMSS-Videotape Classroom Study. Methods and findings from an explanatory research projection eighth-grade mathematics instruction in Germany, Japan and the United States*. Washington, D.C.: U.S. Department of Education
- Glemnitz, I. (2007). *Vertikale Vernetzung im Chemieunterricht. Ein Vergleich von traditionellem Unterricht mit Unterricht nach Chemie im Kontext*. Berlin: Logos
- Hugener, I. (2006). Überblick über die Beobachtungsinstrumente. In E. Klieme., C. Pauli & K. Reusser. (Hrsg.), *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis"*. Teil 3. Videoanalysen. Frankfurt am Main: Materialien zur Bildungsforschung, 45-54
- KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Bildungsabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Beschluss vom 16.12.2004. Luchterhand, München
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer, Heidelberg. 177-186
- Seidel, T. & Prenzel, M. (2004). Muster unterrichtlicher Aktivitäten im Physikunterricht. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategie der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann, 177-194
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes*. MIT, Cambridge, Massachusetts, London, England
- Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51-69
- Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41-57
- Wadouh, J. (2008). *Vernetzung und kumulatives Lernen im Biologieunterricht der Gymnasialklasse 9*. Dissertation: Universität Duisburg-Essen
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2012). Beobachten, Vergleichen und Experimentieren: Wege der Erkenntnisgewinnung. In: U. Harms & F.X. Bogner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. Band 5. *Didaktik der Biologie – Standortbestimmung und Perspektiven*. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, Bayreuth 2011. StudienVerlag, Innsbruck, Wien, Bozen

Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht im internationalen Vergleich - Ergebnisse einer Videostudie

Theoretischer Hintergrund und Anliegen

Der Prozess der Erkenntnisgewinnung setzt sich im Wesentlichen aus drei elementaren Schritten zusammen (vgl. Mayer 2007):

- Formulierung naturwissenschaftlicher Fragestellungen und Hypothesen,
- Planung und Durchführung einer Untersuchung,
- Auswertung und Reflexion von Untersuchungsdaten.

Trotz der Tatsache, dass diese Abfolge eine zentrale Rolle innerhalb der Naturwissenschaftsdidaktiken einnimmt (z. B. Mayer, 2007), findet sich der Prozess der Erkenntnisgewinnung selten in der Unterrichtspraxis wieder (Reyer, 2004). Auch das Experiment als zentrales Merkmal naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens (Höttecke, 2001) wird ebenfalls nur selten in den Prozess der Erkenntnisgewinnung eingebunden (Tesch & Duit, 2004). Darüber hinaus zeigen Studien, dass der deutsche naturwissenschaftliche Unterricht oftmals sehr produktorientiert abläuft (Stigler, et al., 1995; Björkman & Tiemann, 2010).

Konkret auf den Chemieunterricht bezogen zeigen Ergebnisse von Björkman & Tiemann (2010), dass der Unterricht in Schweden stärker auf die Implementierung von Erkenntnisgewinnungsprozessen ausgerichtet ist. Daher kann vermutet werden, dass sich der deutsche und der schwedische Chemieunterricht hinsichtlich der Gestaltung von Prozessen der Erkenntnisgewinnung voneinander unterscheiden.

Ziel und Fragestellung

Das zentrale Ziel des Promotionsvorhabens besteht sowohl in der Analyse der Gestaltung von Erkenntnisgewinnungsprozessen im Chemieunterricht im internationalen Vergleich als auch in der Untersuchung von Zusammenhängen zwischen der Lehrkraft und den Schülerinnen und Schülern (Helmke, 2006).

Im hiesigen Beitrag soll folgender Forschungsfrage nachgegangen werden:

Inwiefern unterscheidet sich zwischen Deutschland und Schweden die Gestaltung von Erkenntnisgewinnungsprozessen im Chemieunterricht?

Methodik

Zur Beantwortung der oben genannten Fragestellung wird ein deskriptives und exploratives Untersuchungsdesign verwendet, das auf dem Instrument der niedrig- und hoch-inferenten kategoriengeleiteten Videoanalyse basiert.

Die Stichprobe beträgt insgesamt 27 Unterrichtsvideos. Dabei stammen 15 Unterrichtsvideos aus der 9. bzw. 10. Klassenstufe in Deutschland (Raum Berlin) und 12 Unterrichtsvideos aus der 9. Klasse in Schweden (Raum Växjö und Stockholm), womit Schulen in vorwiegend urbanen Räumen untersucht wurden.

Die Auswertung der Unterrichtsvideos erfolgt über eine event-basierte Kodierung mit dem Programm Observer XT 10.5[®]. Es wird ein niedrig-inferentes Kodiermanual zur Sichtstruktur eingesetzt, das bereits in vorangegangenen Untersuchungen entwickelt und erprobt wurde (Seidel, Prenzel, Duit, & Lehrke, 2003; Björkman & Tiemann, 2010). Weiterhin wurde ein hoch-inferentes Kodiermanual zur Erfassung von „Erkenntnisgewinnungsprozessen“ konstruiert (Björkman, Labetzki & Tiemann, 2012). Für eine Signifikanzanalyse wurde geprüft, ob die zur Analyse der Unterrichtsvideos verwendeten Variablen normalverteilt vorlagen. Wurde dies bestätigt, konnten mit Hilfe des T-Tests die signifikanten Unterschiede zwischen den Ländern bzw. zwischen den einzelnen Variablen und Kategorien berechnet werden. Wurde hingegen keine Normalverteilung festgestellt, wurden die Unterschiede mit dem Mann-Whitney-U-Test auf Signifikanz überprüft.

Ergebnisse

Zur deskriptiven Beschreibung der Gestaltung von Erkenntnisgewinnungsprozessen im Chemieunterricht werden zunächst die durchschnittlichen Anteile der Erkenntnisphasen betrachtet (siehe Abbildung 1). Dabei werden die Phasen der Erkenntnisgewinnung „Fragestellung“ (Fs), „Hypothese“ (Hy), „Planung & Durchführung“ (PD), „Auswertung & Interpretation“ (AI) sowie „Reflexion“ (R) in allen Unterrichtsvideos kodiert. Wenn keine Erkenntnisgewinnung im Unterricht stattfindet, wird „andere Unterrichtsaktivitäten“ (aU) kodiert.

Die Inter-Rater-Reliabilität der Variable „Phasen der Erkenntnisgewinnung“ beträgt $\kappa = .84$ (0.6 – 1.0) (Björkman, Labetzki & Tiemann, 2012).

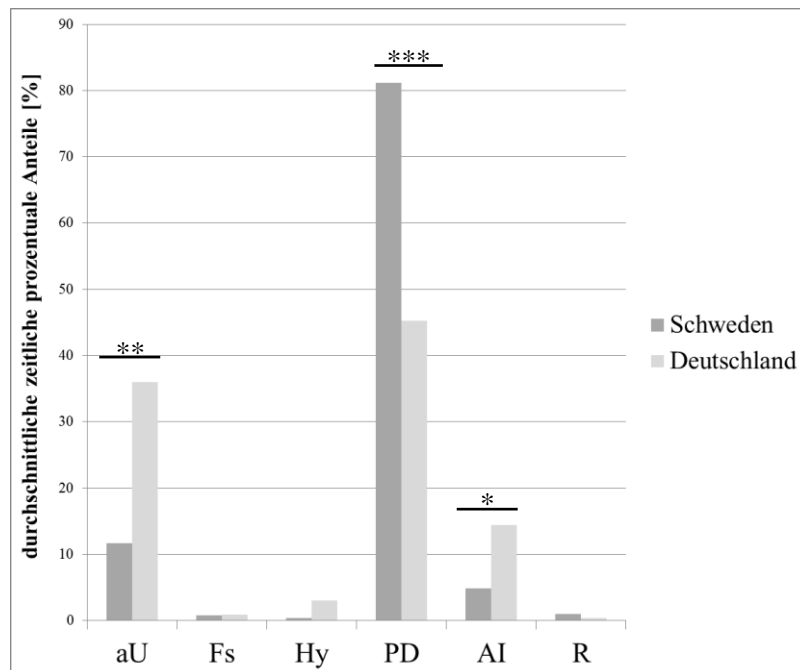


Abb. 1: Durchschnittliche zeitliche prozentuale Anteile der Phasen der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht in Schweden ($N = 12$) und Deutschland ($N = 15$)

Der deutsche Chemieunterricht unterscheidet sich vom schwedischen insofern, dass die Lehrkräfte in Schweden häufiger Erkenntnisgewinnungsprozesse in ihren Chemieunterricht integrieren. Die analysierten deutschen Chemiestunden weisen einen signifikant größeren Anteil hinsichtlich „andere Unterrichtsaktivitäten“ auf, wodurch die Ergebnisse aus vorangegangenen Studien hiermit repliziert werden konnten (Björkman & Tiemann, 2010). Darüber hinaus fokussieren die schwedischen Lehrkräfte signifikant länger auf die Phase „Planung und Durchführung“ einer Untersuchung, wohingegen die deutschen Lehrkräfte die Untersuchung signifikant länger auswerten.

Anhand des Kodiermanuals können die Phasen ergänzend detaillierter analysiert werden. Die Phase der Fragestellung wird hier exemplarisch differenziert betrachtet, wobei unter anderem der „Grad der Offenheit“ analysiert wurde. Dabei wird unterschieden, ob eine „Fragestellung selbstständig durch die Schülerinnen und Schüler erarbeitet“, eine „Fragestellung durch Lehrkraft moderiert erarbeitet“ oder eine „Fragestellung von der Lehrkraft vorgegeben“ wird.

Hierzu kann konstatiert werden, dass in keiner Situation die Schülerinnen und Schüler dazu instruiert wurden, eigenständig eine Fragestellung zu formulieren. In beiden Ländern gibt die Lehrkraft meist die Fragestellung vor, im schwedischen Chemieunterricht ist der Anteil jedoch signifikant größer gegenüber der moderierten und selbständigen Entwicklung der Fragestellung. Dieses Ergebnis repliziert auch hier Befunde vorangegangener Studien. Dabei lässt sich festhalten, dass sowohl naturwissenschaftliche Fragestellungen generell selten von Lehrkräften formuliert werden (Ozel & Luft, 2011) als auch Schülerinnen und Schüler oftmals Probleme aufzeigen, Fragestellungen zu entwickeln (Hamann, 2006).

Diese ersten Ergebnisse bilden nur einen Teil der Erkenntnisse der Hauptstudie ab, verdeutlichen aber zugleich länderspezifische Unterscheide zwischen dem deutschen und schwedischen Chemieunterricht hinsichtlich der Gestaltung von Prozessen der Erkenntnisgewinnung, wobei dabei auch länderübergreifende Probleme einer strukturierten Implementierung dieser Prozesse deutlich werden.

Literatur

- Björkman, J., & Tiemann, R. (2010). Deutschland - Schweden: Chemieunterricht im internationalen Vergleich. In D. Höttecke (Ed.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik*. GDCP, Jahrestagung in Dresden 2009. Münster: LIT, 425-427
- Björkman, J., Labetzki, T., & Tiemann, R. (2012). Ein Instrument zur Videoanalyse von „Scientific Inquiry“ - Chemieunterricht im internationalen Vergleich. In D. Höttecke (Ed.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. GDCP, Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: LIT, 304-306
- Hamann, M. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *MNU*, 59 (5), 292-299
- Helmke, A. (2006). *Unterrichtsqualität: Erfassen, Bewerten, Verbessern*. Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 7-23
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger, & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Berlin/Heidelberg: Springer, 177-186
- Ozel, M., & Luft, J. (2011). Understanding Beginning Teachers' Conceptions of Inquiry Based Teaching. Vortrag bei der Konferenz der European Science Education Research Association (ESERA), Lyon, 5. September bis 9. September
- Reyer, T. (2004). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht*. Berlin: Logos-Verlag
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., & Lehrke, M. (2003). *Technischer Bericht zur Videostudie "Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht"*. Kiel: IPN
- Stigler, J. W., Gonzales, P., Kawanka, T., Knoll, S., & Serrano, A. (1999). *The TIMSS-Videotape Classroom Study. Methods and findings from an explanatory research project on eighth-grade mathematics instruction in Germany, Japan and the United States*. Washington, D.C.: U.S. Department of Education
- Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51-69

Zur Bedeutung von Experimenten bei der Erkenntnisgewinnung

Das Experiment im Erkenntnisprozess

Die Vermittlung eines umfassenderen Bildes naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen ist in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus des Bildungswesens gerückt. Dienten grundlegende Prinzipien des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges bislang häufig nur als Planungsraster für den Unterricht, sollen sie nun explizit in der Schule thematisiert und handelnd umgesetzt werden.

Experimente sind ein zentrales Element im Erkenntnisprozess und unter diesem Gesichtspunkt für die fachdidaktische Forschung interessant. Zudem haben sie seit jeher einen festen Platz im naturwissenschaftlichen Unterricht und nehmen darin weitere Funktionen ein. Im mathematisch-naturwissenschaftlichen Promotionskolleg der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd steht das Experiment bzw. das Experimentieren im Mittelpunkt der Betrachtung aller Teilprojekte, die die Kollegiaten bearbeiten.

Zur Verortung, an welcher Stelle des Erkenntnisprozesses die einzelnen Fragestellungen ansetzen, wird auf das SDDS-Modell (*Scientific Discovery as Dual Search*) nach Klahr (2002) zurückgegriffen. Dabei handelt es sich um ein in der Tradition der Problemlösetheorie entwickeltes Modell zur Beschreibung von naturwissenschaftlichen Problemlöseprozessen, in denen experimentell gewonnene Daten zur Lösung genutzt werden.

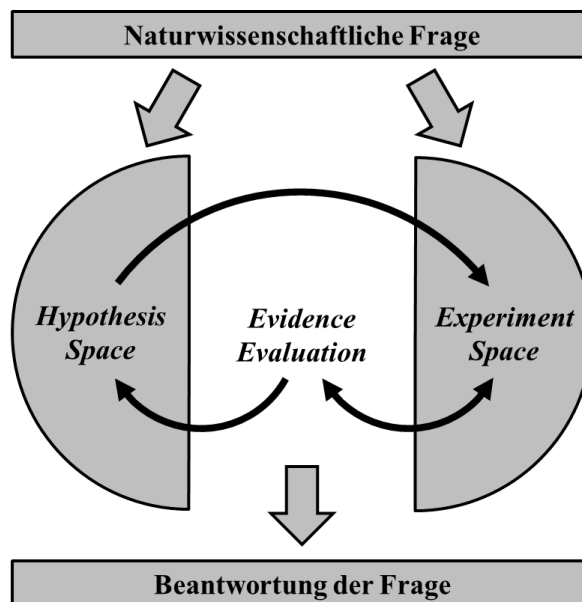


Abb. 1.: „Scientific Discovery as Dual Search“-Modell

Wie der Abbildung 1 zu entnehmen ist, enthält das Modell zwei Problemräume, den *Hypothesis Space* und den *Experiment Space*. Typischer Weise gelangt der Akteur mit einer Frage in den *Hypothesis Space* und von dort mit einer Hypothese in den *Experiment Space*. Dort entwickelt er einen Handlungsplan und führt ein Experiment durch, das ihm Daten liefert, mit denen er die Phase der *Evidence Evaluation* übertritt. Hier findet zunächst der Abgleich der Daten mit der eingangs entwickelten Hypothese statt. Danach wird vom Akteur in dieser Phase die Moderation des Handlungsverlaufes vorgenommen, denn je nach der Entscheidung, die aus dem Abgleich resultiert, können von hier aus verschiedene Wege eingeschlagen werden.

Das Experiment zur Beantwortung einer Frage an die Natur?

Einer übergeordneten Frage widmet sich Christian Mézes in seinem Beitrag ‚Zur Motivation beim Experimentieren‘. Während in den Naturwissenschaften das Experiment vorrangig genutzt wird, um Fragestellungen empirisch nachzugehen, kann beobachtet werden, dass Lernende auch dann noch experimentieren, wenn sie zur Beantwortung der Frage bereits auf Experimentaldaten zurückgreifen können, die sie in einem Film selbst beobachten können (Mézes, Schröter & Erb, 2012). Sie könnten dadurch also in die Phase der *Evidence Evaluation* eintreten, ohne zuvor noch einmal den *Experiment Space* zu nutzen. Das legt nahe, dass es noch andere Gründe gibt als nur den, die Frage an die Natur zu beantworten, die die Lernenden dazu motivieren, das Experiment erneut, diesmal aber selbst praktisch durchzuführen. Unter Berücksichtigung der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1985) geht Herr Mézes in seiner Untersuchung der These nach, dass Lernende gelingendes, praktisches Experimentieren als Möglichkeit sehen, Kompetenzerleben zu erfahren und es gerade deshalb ausführen.

Der Öffnungsgrad des Experiments als Variable im Lernprozess

Neben dem Streben nach Kompetenzerleben spielt nach Deci & Ryan (1985) auch das Autonomieerleben eine bedeutsame Rolle für einen gelingenden Lernprozess. Unter diesem Gesichtspunkt wird vielfach eine Öffnung von Unterricht gefordert, die den Lernenden mehr Möglichkeiten gibt, selbst Entscheidungen bezüglich des Lernweges zu treffen. Auch für das naturwissenschaftliche Arbeiten gibt es Belege, die hierin Vorteile erkennen (Vollmeyer & Burns, 1996). Andere Studien zeigen Vorteile bei einer klareren Instruktion der Lernenden (Hof, 2011). Frau Stolz geht im Rahmen des Kollegs der Frage nach, ob der Öffnungsgrad einer Experimentiersituation Einfluss auf den Fachleistungszuwachs hat. Dabei variiert sie ganz gezielt den *Experiment Space* der Lernenden, indem sie in einem Treatment klare Anweisungen zur Experimentaldurchführung gibt, während die Lernenden im zweiten Treatment alle Entscheidungen, die zur praktischen Umsetzung ihrer Ideen zur Problemlösung dienen, selbst treffen müssen.

Das Experiment als Gelegenheit prozessorientierter Kompetenzbildung

Schüler/-innen empfinden ihr Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht häufig als rezeptiv (Körner et al. 2012). Sie erfahren Sachzusammenhänge also weniger durch eigene konstruktive Unterrichtsaktivitäten, sowohl praktischer wie theoretischer Natur, als durch die Aufnahme von Information durch andere Quellen. Eine Öffnung des Unterrichts sollte hier zu einer Änderung der Beurteilung durch die Lernenden führen. Gerade bei der Erkenntnisgewinnung durch naturwissenschaftliches Arbeiten gilt es viele Prozesse zu durchschreiten, bis ein Sachverhalt aufgeklärt ist. Herr Böhret geht in seinem Beitrag ‚Einfluss von Unterrichtstätigkeiten auf die Entwicklung von Kompetenzen‘ der Frage nach, ob das Ausmaß der konstruktiven Unterrichtstätigkeiten, die Lernende ausüben, eine bedeutsame Auswirkung auf die Entwicklung ihrer prozessorientierten Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung nimmt. Im Gegensatz zur Studie von Frau Stolz fokussiert er nicht auf

Fachleistung und er betrachtet neben den Unterschieden im *Experimental Space* auch die Differenzen hinsichtlich der Tätigkeiten im *Hypothesis Space* und in der *Evidence Evaluation*.

Das Experiment als Auslöser eines kognitiven Konflikts

Lernende verfügen zu sehr vielen beobachtbaren naturwissenschaftlichen Phänomenen über Vorstellungen, mit Hilfe derer sie die Phänomene zielführend in ihrem Alltag nutzen und sie erklären. Solche Präkonzepte gehen häufig nicht mit den wissenschaftlichen Erklärungsansätzen konform. Deshalb sollen Lernende in diesen Fällen im Unterricht zu einem Konzeptwechsel geführt werden. Als Anregung dazu kann ein Experiment dienen, dessen Ausgang vom Beobachter so nicht erwartet wird. Er tritt quasi mit einer von seiner Alltagserfahrung geprägten Hypothese in den *Experiment Space* ein. Dort werden Daten generiert, die in der Phase der *Evidence Evaluation* mit den Hypothesen abgeglichen werden und ihnen konträr gegenüberstehen. Herr Schroedter geht in seinem Beitrag ‚Kognitive Prozesse bei der Beobachtung von Experimentaldaten‘ der Frage nach, welche kognitiven Prozesse während dieses Abgleichs stattfinden und welche Entscheidungen die Lernenden dabei treffen, ob sie ihre Hypothese verwerfen oder nicht und warum sie das tun.

Literatur

- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. New York: Plenum Press
- Hof, S. (2011). *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen: Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie*. Kassel, Hess: Kassel University Press.
- Klahr, D. (2002). *Exploring Science. The Cognition and Development of Discovery Processes*. MIT Press: Cambridge
- Körner et al. (2012). *Selbstwirksamkeitserwartung in Abhängigkeit von Unterrichtstätigkeiten im Fach Chemie*. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: Lit Verlag, 161-163
- Mézes, C., Schröter, E., & Erb, R. (2012). *Der Einfluss von Videoexperimentieranleitungen auf die Motivation von Schülerinnen und Schülern*. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*
- Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (1996). *Hypotheseninstruktion und Zielspezifität: Bedingungen, die das Erlernen und Kontrollieren eines komplexen Systems beeinflussen*. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, Band XLIII (4), 657-683

Kognitive Prozesse bei der Beobachtung von Experimentaldaten

Theorie

Die „Conceptual Change“-Forschung hat im Hinblick auf viele Themenfelder gezeigt, dass Kinder bereits vor dem schulischen Fachunterricht interindividuell differenziert ausgeprägte Vorstellungen mitbringen. Diese unsystematisch über Jahre aufgebauten Konzepte werden als subjektiv valide empfunden, weil sie sich bei der Bewältigung von Alltagsproblemen bewährt haben. Nicht zuletzt aus diesem Grund erweisen sich diese „Präkonzepte“ als äußerst änderungsresistent (Strike & Posner, 1992).

Ein zentrales Desiderat des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist die explizite Problematisierung dieser Vorstellungen mit dem Ziel genau solche Adaptionprozesse zu initiieren, welche zu Konzepten führen, die mit der naturwissenschaftlichen Kenntnislage größtmögliche Kongruenz aufweisen. Der Einsatz von Experimenten als „Überzeugungsmittel“ wird häufig als vielversprechender Weg bei der Erreichung dieses Ziels genannt (Limón, 2001).

Zur Phasierung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse im Unterricht wird das SDDS-Modell (*Scientific Discovery as Dual Search*) nach Klahr (2002) genutzt. Dieses in der Tradition der Problemlösetheorie empirisch entwickelte Modell besteht aus zwei Problemräumen (*Hypothesis & Experiment Space*) sowie eines dazwischen moderierenden Prozesses (*Evidence Evaluation*), welcher für die hier vorgestellte Arbeit von zentraler Bedeutung ist. In der *Evidence Evaluation* lässt sich zum einen die kognitive Verarbeitung der experimentell gewonnenen Daten verorten, die insbesondere eine Inbezugsetzung zu den gewählten Hypothesen und Experimenten beinhaltet. Zum anderen finden hier in der Folge wichtige Entscheidungen statt, die sowohl die Einschätzung der Validität der Daten als auch deren Abgleich mit dem bereits vorhandenen Präkonzept betreffen. Die *Evidence Evaluation* ist damit gleichsam von entscheidender Bedeutung für die sukzessive Induktion von Konzeptveränderungen, die nur über einen längeren Zeitraum hinweg erreicht werden können.

Fragestellung

Zentrales Forschungsfeld der hier vorgestellten Arbeit ist die strukturelle Aufklärung kognitiver Prozesse von Schüler/-innen, wie sie bei der Verarbeitung von experimentell gewonnenen, nicht hypothesenkonformen Daten auftreten. Konkret soll der Frage nachgegangen werden, unter welchen moderierenden Bedingungen Schüler/-innen ihren durch Experimente selbst generierten Daten vertrauen schenken.

Variation der Repräsentationsform

In einer ersten Studie wurde untersucht, ob die Wahl der Repräsentationsform des Experiments einen Einfluss auf die Vertrauenswürdigkeit der Daten nimmt. Zudem sollte geprüft werden, ob, wie nach dem Stand der Forschung zu erwarten, tatsächlich die Vorhersage und die Beobachtung der erhobenen Daten stark vom Präkonzept beeinflusst werden. Hierzu wurden 110 Schüler/-innen (M=11.0 Jahre) der Klassenstufe 5 aus zwei Realschulen in Baden-Württemberg randomisiert drei Treatments zugeordnet. In Treatment I wurden die Aufgaben mit realem Material durchgeführt, in Treatment II in einer virtuellen Experimentalumgebung. Die Schüler/-innen der Treatmentgruppe III beobachteten über eine Videoaufzeichnung einen Wissenschaftler beim Experimentieren.

Zum Einsatz kamen zwei Experimente, die prognostisch die Generierung von nicht hypothesenkonformen Daten erlauben sollten. Im Experiment „Fallende Kugeln“ (FK) sollten die Schüler/-innen mithilfe eines Fallapparates, der das gleichzeitige Fallenlassen einer Stahl-

und einer Holzkugel gleichen Durchmessers gewährleistet, untersuchen, welche der beiden Kugeln zuerst aufschlägt (Daten schwer erfassbar). Beim zweiten Experiment „Brennendes Eisen“ (BE) sollte durch Wiegen mit einer Digitalwaage der Frage nachgegangen werden, wie sich beim Verbrennen von Eisenwolle die Massen von Edukt und Produkt zueinander verhalten (Daten leicht erfassbar).

Es konnte festgestellt werden, dass die Repräsentationsform des Experimentes keinerlei Auswirkungen auf die Einschätzung der Vertrauenswürdigkeit der Daten hat. Als überraschend sind die Ergebnisse in Bezug auf die Beeinflussung durch das Präkonzept zu bezeichnen. So war zwar, wie erwartet, die Vorhersage des Experimentergebnisses meist fehlerhaft (FK 85%, BE 74%), in der überwiegenden Anzahl der Fälle kommen die Schüler/-innen jedoch basierend auf ihren eigenen Beobachtungen zu den fachwissenschaftlich korrekten Ergebnissen (FK 82%, BE 88%). Sie haben folglich an dieser Stelle die auf ihrem Präkonzept basierte Hypothese aufgegeben. Die Schüler/-innen äußerten eine hohe subjektive Sicherheit hinsichtlich ihres individuellen Experimentergebnisses. Um einen Entwicklungsstufeneffekt ausschließen zu können, wurde die Studie in gleicher Weise mit 51 Schüler/-innen aus zwei neunten Klassen durchgeführt. Dabei wurden weitgehend vergleichbare Ergebnisse festgestellt.

Es kann mit dem erhobenen Datenmaterial nicht geklärt werden, aus welchen Gründen die Schüler/-innen den von ihnen erhobenen Daten ein so hohes Vertrauen schenkten. Ein zentrales Problem sind an dieser Stelle die wenig aussagekräftigen Informationen, die die Schüler/-innen bei den Fragen mit offenem Antwortformat gegeben haben (z.B. Begründung für die Hypothesenwahl). Aus diesem Grund wurde die explorative Untersuchung der kognitiven Prozesse, die der Datenverarbeitung zugrunde liegen, fokussiert.

Kognitive Verarbeitung von Experimentaldaten

Im Rahmen einer weiteren Studie wurden 12 Realschüler/-innen der Klassenstufe 6 (M=12.1 Jahre) untersucht. Diese wurden in leitfadengestützten, halb-standardisierten und halb-offenen Interviews beim Bearbeiten mehrerer Experimentieraufgaben videografiert. Das neue Setting sollte an entscheidenden Stellen dem Versuchsleiter die Möglichkeit einräumen Sondierungsfragen zu stellen, z.B. wenn von den Probanden anomale Daten beobachtet werden. Zudem ermöglicht es die Einbeziehung nonverbaler Informationen der Schüler/-innen (Mimik, Gestik) in die Auswertung. Als Experimentiergeräte kamen vier, auf einem gemeinsamen Gestell aufgebaute Kugelbahnen zum Einsatz, die sich durch ihre Profile unterscheiden und in eine gemeinsame, waagrechte Messstrecke von ca. 1 Meter münden (siehe Abb. und Schroedter & Körner, 2012).



Abb. 1: Kugelbahnen

Bei der Darstellung der Ergebnisse wird die für die Untersuchung des Forschungsfeldes wichtigste Befragungsphase fokussiert, bei der die Schüler/-innen die Laufzeiten der Bahnen 1 und 2 auf der gemeinsamen Messstrecke zueinander in Beziehung setzen sollten. Die Zeitmessung erfolgte jeweils mit einer Handstoppuhr.

Hier ist besonders bemerkenswert, dass 11 Schüler/-innen korrekt von den selbst erhobenen Daten auf das Experimentergebnis schlossen, obwohl dies für neun Probanden bedeutete, dass sie ihre ursprüngliche Hypothese aufgeben mussten. Zwei Schüler/-innen wurden durch die Daten in ihrer Vorhersage bestätigt. Die Laufzeiten der Bahnen wurden anhand von meist fünf Einzelwerten direkt verglichen – die Berechnung eines Mittelwertes wurde von keinem Probanden durchgeführt. Als Beweggrund für den Hypothesenwechsel wurden von

den betreffenden Probanden ausschließlich die vorliegenden Daten genannt. Alle Schüler/-innen äußerten auch hier eine hohe subjektive Sicherheit bezüglich ihrer Entscheidungen. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Schüler/-innen selbst dann in hohem Maße ihren erhobenen Daten vertrauen, wenn diese ihrem Präkonzept widersprechen. Es lässt sich an dieser Stelle allerdings nicht zweifelsfrei feststellen, ob sich das Ergebnis auf den allgemeinen naturwissenschaftlichen Unterricht generalisieren lässt. Eine erhebliche Beeinflussung durch das Studiensetting, das durch ein in hohem Maße strukturiertes Vorgehen gekennzeichnet ist, da es weitgehend durch den Versuchsleiter vorgegeben wird, kann nicht ausgeschlossen werden.

Minimierung der Versuchsleiterbeeinflussung

Deshalb wurde in einer weiteren Studie die Beeinflussung durch den Versuchsleiter so weit wie möglich gesenkt und das Studiensetting an den alltäglichen naturwissenschaftlichen Unterricht angenähert. Zum Einsatz kamen drei Experimente zum Thema „Verbrennungsvorgänge“ mit jeweils prognostiziertem anomalem Ausgang. Untersucht wurden 40 Schüler/-innen der Klassenstufe 6 aus zwei Realschulen, die bis zum Zeitpunkt der Studie nicht formal zum Thema „Verbrennungen“ unterrichtet worden waren. Um etwaige Veränderungen hinsichtlich der individuellen Vorstellungen identifizieren zu können, wurde eine Woche vor und eine Woche nach der Intervention ein stark adaptierter Konzepttest nach Prieto et al. (1992) appliziert. Je zwei Schüler/-innen arbeiteten autonom gemeinsam an den auf Notebooks präsentierten Experimentieraufgaben, um so die für die Untersuchung der Forschungsfrage notwendigen Diskussionsprozesse zu initiieren. Ihre Handlungen wurden videografiert. Die Versuchsleiter griffen lediglich bei technischen Fragen ein. Am Ende der etwa 90-minütigen Experimentierphase bekamen die Schüler/-innen eine mündliche Reflektionsaufgabe, in welcher sie etwaige aufgetretene Konflikte (z.B. „*Wart Ihr an manchen Stellen verwundert?*“) diskutieren sollten.

Aktueller Stand und Ausblick

Die Daten der letzten Erhebung befinden sich derzeit in der Auswertung. Neben der Beantwortung der Forschungsfragen soll im Anschluss ein von uns aufgestelltes Modell zu kognitiven Prozessen bei der Beobachtung von anomalen Daten mithilfe der gewonnenen Erkenntnisse auf Validität hin geprüft werden. Es zeigen sich schon jetzt vielversprechende Anknüpfungspunkte an das von Ludwig & Priemer (2012) in das Themenfeld eingebrachte sozialwissenschaftliche „Elaboration Likelihood Model“ (Petty & Cacioppo, 1986).

Literatur

- Klahr, D. (2002). *Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes*. Cambridge: MIT Press
- 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
- Ludwig, T. & Priemer, B. (2012). Begründungen und Überzeugungen beim Beibehalten und Verwerfen von eigenen Hypothesen in Real- und Simulationsexperimenten. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. GDGP-Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: Lit-Verlag, 313-315
- Petty, R. E. & Cacioppo, J. T. (1986). The Elaboration Likelihood Model of Persuasion. In L. Berkowitz (Hrsg.), *Advances in Experimental Social Psychology*. Orlando: Academic Press, 124-205
- Schroedter, S. & Körner, H.-D. (2012). Kognitive Konflikte in authentischen Experimentiersituationen. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. GDGP-Jahrestagung in Oldenburg 2011 (S. 443-445). Münster: Lit-Verlag
- Strike, K. A. & Posner, G. J. (1992). A Revisionist Theory of Conceptual Change. In R. Allan Duschl (Hrsg.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*. Albany: State Univ. of New York Press, 147-176

Zum Einfluss von Unterrichtstätigkeiten auf die Entwicklung prozessorientierter Kompetenzen und der fachbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung

Theoretischer Hintergrund

Die Befunde zahlreicher Forschungsarbeiten innerhalb der Naturwissenschaftsdidaktiken zeigen, dass Schülerinnen und Schüler nur rudimentär Kenntnis davon besitzen, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden und was naturwissenschaftliche Methodiken kennzeichnet (u. a. Walpuski, 2006; Hof, 2011).

Arbeiten, die sich mit Schülertätigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht befassen, haben aufgedeckt, dass Schülerinnen und Schüler ihr schulisches Lernen stärker rezeptiv als konstruktiv empfinden (Heim-Dreger et al., 2009; Körner et al., 2012). Rezeptive Tätigkeiten, bspw. einen Text lesen, sind dadurch gekennzeichnet, dass durch sie stellvertretende Erfahrungen gemacht werden. Konstruktive Tätigkeiten, bspw. ein Experiment durchführen, sind hingegen mit unmittelbaren Erfahrungen verbunden (Hoffmann et al., 1998) und haben im Vergleich zu den rezeptiven Tätigkeiten einen größeren Einfluss auf die Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartung (Körner et al., 2012).

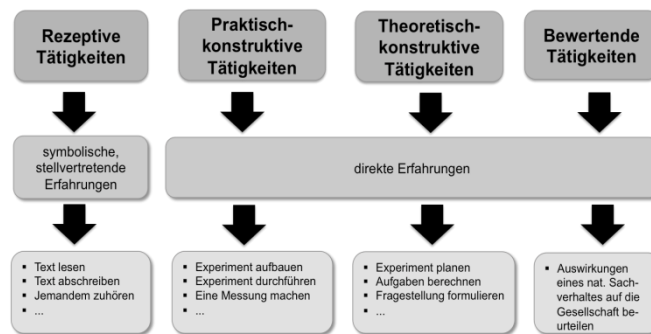


Abb. 1: Kategorien von Unterrichtstätigkeiten (Hoffmann et al., 1998; adaptiert)

Ziel der Studie

Im Mittelpunkt der Studie steht die Fragestellung, inwiefern die Ausübung fachspezifischer Tätigkeiten von Schülerinnen und Schülern innerhalb des naturwissenschaftlichen Unterrichts Einfluss auf die Entwicklung ihrer prozessorientierten Kompetenzen nimmt. Darüber hinaus werden Veränderungen der fachbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung, der experimentellen Selbstwirksamkeitserwartung sowie des Interesses an den Naturwissenschaften betrachtet.

Datenerhebung

Die Pre-Post-Studie fand im Schuljahr 2011/12 innerhalb des regulären Chemieunterrichts in achten und neunten Klassen an Realschulen in Baden-Württemberg statt. Sie erstreckte sich über einen Zeitraum von vier Monaten. Insgesamt nahmen 15 Klassen mit 361 Schülerinnen und Schülern teil. Bei den Pre-Post-Erhebungen bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler schriftliche Fragebögen (Fragebogensituation) und experimentierten im Anschluss daran selbständig in Kleingruppen (Experimentiersituation). Zudem erfolgten zwischen diesen beiden Erhebungszeitpunkten in regelmäßigen Abständen sechs Befragungen zu ihren im

aktuellen Chemieunterricht ausgeübten Unterrichtstätigkeiten (Teilerhebungen). Dies geschah unter Verwendung eines neu konzipierten schriftlichen Fragebogens (UT-Beobachtungsbogen) (vgl. Böhret & Körner, 2012). Ziel war es, auf Basis der erhobenen Aktivitäten ein Tätigkeitsprofil für jede Klasse zu erstellen. Als Kennwert wurde der Konstruktivitätskoeffizient k eingeführt. K wird aus den 18 Itemmittelwerten einer Klasse aller beobachteten Stunden berechnet. Auf Basis der Tätigkeitsprofile erfolgte die Bildung zweier Teilgruppen. Die erste Teilgruppe erhielt einen eher lehrerorientierten (rezeptiven) Unterricht, die zweite einen eher schülerorientierten (konstruktiven) Unterricht.

Ergebnisse

Eine Normalverteilung des generierten Datenmaterials konnte mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests nicht bestätigt werden. Infolge dessen wurden für die Auswertung der Daten nichtparametrische Testverfahren herangezogen. Die statistischen Berechnungen liegen dem Auswertungsschema der Abb. 2 zugrunde: a) Vergleich der Kennwerte von der rezeptiven und der konstruktiven Teilgruppe zu einem Erhebungszeitpunkt (EZP), b) Pre-Post-Vergleich der Kennwerte jeder Teilgruppe

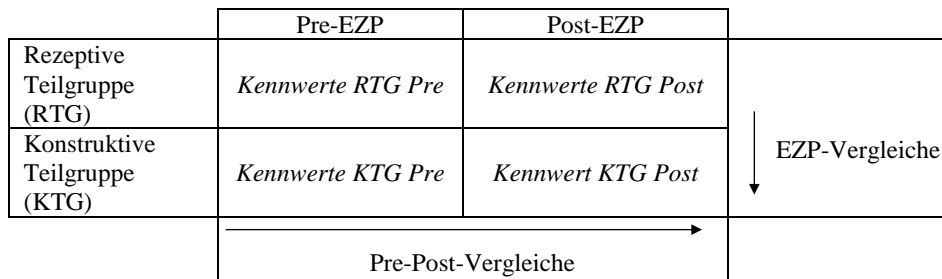


Abb. 2: Auswertungsschema

Zur Erfassung der prozessorientierten Kompetenzen wurden ausgewählte Aufgabeneinheiten (Units) eines schriftlichen Multiple-Choice-Tests nach Glug (2009) verwendet. Der Test setzt sich aus drei Units mit je drei Items zusammen. Jeweils ein Item einer Unit erfasst eine Teilkompetenz der Erkenntnisgewinnung (Hypothese formulieren, Experiment planen, Ergebnis interpretieren und bewerten). Jedes Item besitzt drei Distraktoren und einen Attraktor. Es können insgesamt neun Punkte erreicht werden.

Der Vergleich zwischen der rezeptiven Teilgruppe ($M_{\text{Pre}} = 4,47$; $M_{\text{Post}} = 4,53$) und der konstruktiven Teilgruppe ($M_{\text{Pre}} = 4,48$; $M_{\text{Post}} = 4,48$) ergibt zu beiden Erhebungszeitpunkten keinen signifikanten Mittelwertunterschied. Ein Pre-Post-Vergleich der Teilgruppen führt zu einem analogen Ergebnis. Es ist bei den Lernenden beider Teilgruppen weder ein Zuwachs noch eine Abnahme hinsichtlich ihrer prozessorientierter Kompetenzen über den Erhebungszeitraum festzustellen.

Zur Erfassung der fachbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung kam ein adaptierter Fragebogen nach Jerusalem & Satow (1999) zum Einsatz. Der Bogen liefert eine gute Reliabilität von $\alpha_{\text{Pre}} = .72$ bzw. $\alpha_{\text{Post}} = .75$. Das Instrument besteht aus sieben Items. Die Itemantwort erfolgt auf einer vierstufigen Ratingskala.

Es kann aufgezeigt werden, dass die konstruktive Teilgruppe ($M_{\text{Pre}} = 2,83$; $M_{\text{Post}} = 2,81$) zu beiden Erhebungszeitpunkten höhere Skalenkennwerte aufweist als die rezeptive Teilgruppe ($M_{\text{Pre}} = 2,73$; $M_{\text{Post}} = 2,71$). Allerdings wird nur zum Pre-Erhebungszeitpunkt die Mittelwertdifferenz signifikant ($Z_{\text{Pre}} = -2.327$; $p = .020$; $\phi = .01$). Für die Pre-Post-Vergleiche innerhalb der Teilgruppen kann kein bedeutsamer Unterschied festgestellt werden. Es ist somit keine Änderung der fachbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung bei den Lernenden über den Erhebungszeitraum festzustellen.

Die Erhebung der experimentellen Selbstwirksamkeitserwartung erfolgte unter Verwendung des Fragebogens SWE_EX (Schroedter et al., 2012). Der Bogen setzt sich inhaltlich aus 10 Items zusammen. Die Antwort erfolgt auf einer vierstufigen Ratingskala. Die Reliabilität der Skala beträgt $\alpha_{\text{Pre, Post}} = .84$.

Auch hier ist festzustellen, dass zu beiden Erhebungszeitpunkten die konstruktive Teilgruppe ($M_{\text{Pre}} = 3,06$; $M_{\text{Post}} = 3,09$) höhere Skalenkennwerte aufweist als die rezeptive Teilgruppe ($M_{\text{Pre}} = 3,01$; $M_{\text{Post}} = 2,95$). Zum Posterhebungszeitpunkt wird der o.g. Mittelwertunterschied signifikant ($Z_{\text{Post}} = -3.029$; $p = .002$; $\phi = .07$). Betrachtet man die Pre-Post-Werte der Teilgruppen, so erkennt man, dass zum Posterhebungszeitpunkt die rezeptive Teilgruppe geringfügig schlechtere Werte und die konstruktive Teilgruppe geringfügig bessere Werte aufweist, als zum Preerhebungszeitpunkt. Die Pre-Post-Vergleiche innerhalb der Teilgruppen zeigen jedoch keine signifikanten Mittelwertunterschiede. Es kann somit keine bedeutsame Veränderung der experimentellen Selbstwirksamkeitserwartung der Lernenden beider Teilgruppen über den Erhebungszeitraum konstatiert werden.

Die Erfassung der Variable „Interesse an den Naturwissenschaften“ erfolgte unter Verwendung von adaptierten PISA Interessenitems (Prenzel et al., 2007). Das Instrument setzt sich aus sechs Items zusammen. Die Antwort erfolgt auf einer vierstufigen Ratingskala. Die Reliabilität beträgt $\alpha_{\text{Pre}} = .86$ bzw. $\alpha_{\text{Post}} = .89$.

Erneut kann dargelegt werden, dass zu beiden Erhebungszeitpunkten die Skalenkennwerte der konstruktiven Teilgruppe ($M_{\text{Pre}} = 2,82$; $M_{\text{Post}} = 2,65$) über denen der rezeptiven Teilgruppe ($M_{\text{Pre}} = 2,62$; $M_{\text{Post}} = 2,47$) liegen. Die Mittelwertvergleiche, die sowohl zum Pre-Erhebungszeitpunkt ($Z_{\text{Pre}} = -3.068$; $p = .002$; $\phi = .10$) als auch zum Post-Erhebungszeitpunkt ($Z_{\text{Post}} = -2.437$; $p = .015$; $\phi = .16$) bedeutsame Unterschiede belegen, unterstreichen den zuvor beschriebenen Gruppenunterschied. Weiterhin ergibt auch der Pre-Post-Vergleich in den Teilgruppen signifikante Mittelwertunterschiede ($Z_{\text{RTG}} = -3.486$; $p = .000$; $\phi = .27$) ($Z_{\text{KTG}} = -3.622$; $p = .000$; $\phi = .26$). Für beide Teilgruppen ist somit trotz der relativen kurzen Zeitspanne zwischen den Erhebungen eine bedeutsame Abnahme des Interesses über die Zeit festzustellen.

Literatur

- Böhret, M., Körner, H.-D. (2012). Zum Einfluss von Unterrichtstätigkeiten auf die Entwicklung prozessorientierter Kompetenzen und der fachbezogenen Selbstwirksamkeit. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Münster: Lit Verlag, 500-502
- Glug, I. (2009). *Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung*. Universität Kiel. Elektronische Dissertation
- Heim-Dreger et al. (2009). *Schüleraktivitäten im Physikunterricht: Bedeutung für Positiven Affekt und Selbstwirksamkeitserwartung*. PH Schwäbisch Gmünd
- Hof, S. (2011). *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie*. Kassel: University Press
- Hoffmann, L., Häussler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN.
- Jerusalem, M., Satow, L. (1999). *Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung*. In R. Schwarzer & M. Jerusalem (Hrsg.). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen*. Berlin: Freie Universität Berlin
- Körner et al. (2012). *Selbstwirksamkeitserwartung in Abhängigkeit von Unterrichtstätigkeit im Fach Chemie*. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: Lit Verlag, 161-163
- Krohne, H. W.; Egloff, B.; Kohlmann, C.-W.; Tausch, A. (1996). *Untersuchungen mit einer deutschen Form der Positive and Negative Affect Schedule (PANAS)*. *Diagnostica*, 42, 139 – S. 156
- Prenzel et al. (2007). *PISA 2006: Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster: Waxmann Verlag
- 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*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: Lit Verlag, 164-166
- Walpuski, M. (2006). *Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback*. *Studien zum Physik- und Chemielernen (49)*. Berlin: Logos Verlag

Experimentiersituationen mit unterschiedlichem Öffnungsgrad

Unser Forschungsprojekt befasst sich mit unterschiedlich gestalteten Experimentiersituationen und ihren Auswirkungen auf Lernerfolg und Motivation. In einem 2x2-Design wird dabei zum einen nach dem Grad der Offenheit und zum anderen nach dem eingesetzten Material differenziert. In den Experimentiersituationen sollen die Reihen- und Parallelschaltung erkundet werden. Im Folgenden werden kurz die Hauptstudie sowie einige ausgewählte Ergebnisse vorgestellt.

Theoretische Einordnung

Im Bereich offener Experimentiersituationen ist die Forschungslage sehr uneinheitlich. Es gibt sowohl Belege für Vorteile offen gestalteter Experimente (z. B. Vollmeyer & Burns, 1996) als auch welche, die für eine stärkere Lenkung sprechen (z. B. Hof, 2011). Ein Vergleich der verschiedenen Studien wird dadurch erschwert, dass die Offenheit in unterschiedlichen Phasen des Experimentes besteht und auch mehrere Phasen gleichzeitig offen sein können. In der hier vorgestellten Studie werden zwei unterschiedliche Öffnungsgrade verglichen, die sich nur in der Planungsphase unterscheiden.

Beim Vergleich von virtuellen mit realen Materialien sind im Allgemeinen nur geringe bis keine Unterschiede festzustellen, wie viele Studien in diesem Bereich belegen (Urhahne et al. 2000). Wir wollen hier diesen Vergleich mit einbeziehen, da wir uns Auswirkungen im Zusammenhang mit der Offenheit der Experimentiersituation erhoffen. Dabei soll weiter der Einfluss des verwendeten Materials auf Umgang mit Schaltskizzen bzw. realen Schaltbildern überprüft werden. Außerdem gehen wir nach bisherigen Beobachtungen davon aus, dass Schülerinnen und Schüler sich die Gesetzmäßigkeiten von Stromstärke und Spannung in Reihen- und Parallelschaltungen in einer Simulation besser aneignen können.

Untersuchungsdesign

An der Hauptstudie nahmen über 250 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 8 mehrerer Realschulen teil. Aus verschiedenen Gründen waren nicht alle Datensätze vollständig und flossen somit nicht in die Berechnungen mit ein. Die Schülerinnen und Schüler wurden randomisiert auf die vier Treatments verteilt. Die Treatments ergeben sich aus dem 2x2-Design (s. Tab. 1), in dem zum einen nach dem Grad der Offenheit und zum anderen nach dem verwendeten Material unterschieden wird.

	offen (ohne Anleitung)	gelenkt (mit Anleitung)
reales Material	RO (N = 54)	RG (N = 61)
virtuelles Material	VO (N = 60)	VG (N = 62)

Tab. 1: 2x2-Design

Orientiert am SDDS-Modell (Klahr, 2000) wurde der Grad der Offenheit nur im Experimentieraum variiert. Die Schülerinnen und Schüler sollten in allen Gruppen zu vorgegebenen Fragestellungen selbstständig die Hypothesen formulieren und die Experimente auswerten. Der Unterschied zwischen der offenen und der gelenkten Gruppe bestand darin,

dass die gelenkte Gruppe eine Anleitung bekam und die offene Gruppe eigenständig ihre Experimente planen musste.

Für die Experimentiersituationen wurde jeweils ein passender realer Kontext ausgewählt und die sich daraus ergebenden Problemstellungen bezogen sich immer auf den Vergleich von drei Schaltungen (einfach, in Reihe, parallel). In der ersten Experimentiersituation untersuchten die Schülerinnen und Schüler die Reihen- und Parallelschaltung von Glühlampen und in der zweiten die Reihen- und Parallelschaltung von Batterien. Experimentiert wurde in Partnerarbeit und das Material war jeweils vorgegeben.

Einige Ergebnisse der Hauptstudie

Ein Vergleich der Eingangsvoraussetzungen (Interesse, Selbstwirksamkeitserwartung, Vorwissen, Noten) der Schülerinnen und Schüler zeigt, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Probanden der vier Treatments gibt. Die Randomisierung kann somit als erfolgreich bezeichnet werden. Im Folgenden werden einige Ergebnisse zum Lernerfolg und zur Motivation vorgestellt. Das Fachwissen wurde im Pre-Post-Design ca. eine Woche vor der Intervention und direkt im Anschluss daran erhoben. Der Test bestand aus 19 Aufgaben, pro Aufgabe wurde bei richtiger Lösung ein Punkt vergeben. Die Motivation wurde vor jeder Experimentiersituation, aber schon in Kenntnis der zu erledigenden Aufgabe, über den FAM-Fragebogen (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) und nach jeder Experimentiersituation über die Flow-Kurzskala (Rheinberg, 2004) und den IMI (Deci & Ryan, 2011) erhoben. Für die Auswertung des Fachwissenstests und der Motivation wurde jeweils eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt.

Lernzuwachs

Die Analyse des Fachwissenstests zeigt einen signifikanten Lernzuwachs für alle Schülerinnen und Schüler ($F(1,233) = 162.31$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.41$). Die einzelnen Interventionsmaßnahmen unterscheiden sich hierbei nicht signifikant voneinander. Der Lernzuwachs ist in jedem Treatment ungefähr gleich hoch. Eine Wechselwirkung zwischen Offenheitsgrad und dem verwendeten Material (real/virtuell) besteht nicht.

Eine post-hoc Unterteilung der Probanden nach der Physiknote in leistungsschwache und leistungsstarke Schülerinnen und Schüler bringt lediglich zum Vorschein, dass sich diese beiden Gruppierung signifikant voneinander unterscheiden. Die leistungsschwächeren Probanden schneiden sowohl im Pre- als auch im Post-Test schlechter ab als die leistungsstärkeren ($F(1,229) = 19.33$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.08$) und sie lernen weniger dazu ($F(1,229) = 13.72$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.06$). Es bestehen aber keine weiteren Einflüsse oder Wechselwirkungen seitens der Interventionen.

Motivation

Bei der Motivation, sowohl vor als auch nach dem Experiment, zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler der gelenkten Gruppen motivierter sind als die der offenen Gruppen. Die Effekte (η^2_{partial}) sind bei diesem Vergleich klein ausgefallen und bewegen sich in einem Bereich von 0.01 bis 0.04. Trotzdem ist festzuhalten, dass bei allen drei Erhebungsinstrumenten zur Motivation die Probanden der gelenkten Gruppen signifikant höhere Werte aufweisen als die der offenen Gruppen.

Beim Vergleich der virtuellen und realen Gruppen ist die Motivation der Schülerinnen und Schüler beim Realexperiment höher. Die Analyse der einzelnen Erhebungsinstrumente der Motivation erbringt jeweils einen signifikanten Unterschied auf dem Haupteffekt „Material“ (real-virtuell). Die Effekte (η^2_{partial}) sind auch in diesen Fällen etwas niedrig in einem Bereich von 0.03 bis 0.04. Die Motivation der real-arbeitenden Schülerinnen und Schüler ist ebenfalls sowohl vor der Experimentiersituation als auch danach höher, als die der virtuell-arbeitenden.

Aufgabenarten

Beim Vergleich der verschiedenen Aufgabenarten des Fachwissenstests zeigen sich interessante Entwicklungen. Während die virtuellen Gruppen in der Simulation mit Schaltskizzen arbeiteten, experimentierten die realen Gruppen ausschließlich mit real aufgebauten Schaltungen. In den beiden gelenkten Gruppen wurden die Anleitungen an das Material angepasst und enthielten entweder Schaltskizzen oder reale Zeichnungen. Der Fachwissenstest bestand dementsprechend aus gleich vielen Aufgaben mit Schaltskizzen und Aufgaben mit realen Schaltbildern. Beim Lösen der Aufgaben mit Schaltskizzen im Vergleich zu den Aufgaben mit realen Schaltbildern zeigen sich keine Unterschiede zwischen den Interventionen. Auch der Lernzuwachs ist bei beiden Zeichnungsarten ungefähr gleich hoch.

Weiter liegt es nahe, die Aufgaben zur „Gleichheit“ und die Aufgaben zur „Verschiedenheit“ vergleichend zu betrachten. Mit „Gleichheit“ sind Aufgaben gemeint, in denen als Lösung erkannt werden muss, dass die Glühlampen alle gleich hell leuchten, die Stromstärke bzw. Spannung überall im Stromkreis gleich ist. Unter „Verschiedenheit“ werden die Aufgaben verstanden, bei denen eine Glühlampe heller leuchtet als die anderen, die Stromstärke bzw. Spannung sich aufteilt. Für die Analyse wurden jeweils sechs Aufgaben verwendet. Die Auswertung der Daten zeigt, dass der Lernzuwachs der Aufgaben zur „Gleichheit“ signifikant höher ist als der Lernzuwachs der Aufgaben zur „Verschiedenheit“ ($F(1,233) = 41.73$; $p < 0.001$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.15$). Der Effekt liegt hier im hohen Bereich. Gleichzeitig zeigt sich eine signifikante Wechselwirkung zwischen Aufgabenart und Material ($F(1,233) = 5.35$; $p < 0.05$; $\eta^2_{\text{partial}} = 0.02$): In den virtuellen Gruppen wurden die Aufgaben zur „Verschiedenheit“ häufiger richtig gelöst als in den realen Gruppen. In den realen Gruppen dagegen wurden die Aufgaben zur „Gleichheit“ häufiger richtig gelöst als in den virtuellen Gruppen.

Zusammenfassung

Zwischen den verschiedenen Interventionen haben sich keine Unterschiede im Lernzuwachs gezeigt. Trotzdem kann angemerkt werden, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, sich in allen untersuchten Situationen selbstständig physikalische Gesetzmäßigkeiten anzueignen. Die Gesetzmäßigkeiten zur „Verschiedenheit“ lassen sich einfacher mit der Simulation erkunden, da hier immer technisch der Idealfall dargestellt wird und im Gegensatz zum Realexperiment keine Messfehler auftreten. Die Motivation hat sich interessanterweise anders entwickelt als erwartet. Offensichtlich nimmt eine Anleitung den Schülerinnen und Schülern nicht zu viele Freiheiten und senkt auch nicht ihre Motivation. Auch der Neugierkeffekt bei der Verwendung virtueller Medien ist nicht vorhanden, sodass im Gegenteil das reale Experimentiermaterial interessanter erscheint.

Literatur

- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2011). Intrinsic Motivation Inventory. Verfügbar unter: http://www.psych.rochester.edu/SDT/measures/IMI_description.php [20.10.2011]
- Hof, S. (2011). Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen: Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie. Kassel, Hess: Kassel University Press
- Klahr, D. (2000). Exploring science: The cognition and development of discovery processes (1. MIT Press paperback). Cambridge, Mass: MIT Press
- Rheinberg, F. (2004). Motivationsdiagnostik. Göttingen, Bern: Hogrefe
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. Verfügbar unter: <http://psych-server.psych.uni-potsdam.de/people/rheinberg/messverfahren/FAMLangfassung.pdf> [15.3.2010]
- Urhahne, D., Prenzel, M., Davier, M. von, Senkbeil, M. & Bleschke, M. (2000). Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. ZfDN, 6, 157-186
- Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (1996). Hypotheseninstruktion und Zielspezifität: Bedingungen, die das Erlernen und Kontrollieren eines komplexen Systems beeinflussen. Zeitschrift für Experimentelle Psychologie, Band XLIII (4), 657-683

Zur Motivation beim Experimentieren

Theorie und Fragestellung

In den Naturwissenschaften ist die Rolle des Experiments vorrangig in der Prüfung von Hypothesen zu sehen - das Experiment liefert hierbei die Antwort auf eine „Frage an die Natur“. Im Physikunterricht gehört das Prüfen von Hypothesen ebenfalls zu den wichtigsten Aufgaben des Experiments, es kann jedoch darüber hinaus eine ganze Reihe weiterer Funktionen einnehmen (Wilke, 1993; Kircher et al., 2009). Eine mit Schülerinnen und Schülern durchgeführte Untersuchung zeigte, dass, obwohl mit dem Experiment eine naturwissenschaftliche Fragestellung beantwortet werden sollte, die Motivation, das Experiment tatsächlich durchzuführen, sich nicht ausschließlich dadurch erklären ließ (Mézes, Schröter & Erb, 2012). Anhand unserer empirischen Daten und subjektiven Beobachtungen stellten wir die Hypothese auf, dass neben der „Frage an die Natur“ besonders die „Frage an mich selbst“ („Bin ich in der Lage, das Experiment erfolgreich durchzuführen?“) eine wichtige Rolle beim Experimentieren im Physikunterricht spielt. In der vorliegenden Studie möchten wir deshalb der Frage nachgehen, ob Schülerinnen und Schüler beim naturwissenschaftlichen Experimentieren eher vom Sachinteresse oder eher vom Bedürfnis, sich selbst zu testen (in dem sie eine Herausforderung meistern), motiviert werden. Es kann hierbei angenommen werden, dass trotz der unterschiedlichen Zielsetzung des Handelns in beiden Fällen das Bedürfnis nach Kompetenz (Deci & Ryan, 1985) gestillt wird.

Eine zweite Fragestellung, die wir im Rahmen dieser Studie verfolgen wollen, ergab sich durch die Beobachtung, dass Anleitungen zu Experimenten eher ungern und oft nur unvollständig gelesen werden. Dies ist sicherlich keine auf die Physik bzw. das Experimentieren beschränkte Beobachtung. Hersteller von Computerspielen wissen schon lange, dass Spielerinnen und Spieler sofort mit dem Spielen beginnen möchten, ohne vorher eine lange Anleitung lesen zu müssen - und sie haben für dieses Problem auch eine Lösung gefunden: Sie haben die Anleitung in das Spielgeschehen eingebaut. Die Anleitung bzw. Information wird somit während des Spielens, zum passenden Zeitpunkt bei Bedarf („Just in Time“ und „On Demand“) und im passenden Kontext („Situational Meanings“) geliefert. Der Spieler kann mit dem Spielen anfangen, ohne vorher eine lange Anleitung lesen zu müssen („Performance before Competence“) (Gee, 2007). Wir stellten uns die Frage, wie es sich auf die Motivation (vor allem auf das Autonomieempfinden) der Schülerinnen und Schüler auswirkt, wenn sie selbst entscheiden können, ob und wann sie die Anleitung zum Experimentieren benutzen.

Die theoretische Grundlage unserer Untersuchung bildet die Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 1985). Diese beschreibt die Bedürfnisse aller Individuen nach Autonomie, Kompetenz und sozialer Eingebundenheit, die sich entscheidend auf deren Motivation auswirken. Das Erkennen und Berücksichtigen dieser Bedürfnisse kann entsprechend dieser Theorie auch beim naturwissenschaftlichen Experimentieren positiv zur Motivation beitragen.

Methode

Die Studie beinhaltet zwei Schritte: 1) Vorerhebung und 2) Experimentiersituation.

1) Vorerhebung

Im Vorfeld der Untersuchung füllen die Schülerinnen und Schüler einen Fragebogen (quantitatives Erhebungsinstrument) aus, der folgende fünf Skalen enthält:

- Leistungsmotivation (AMS-Kurzskala) (Rheinberg, 2004)

- Computerbezogene Selbstwirksamkeit (Cuse-D-r) (Bescherer & Spannagel, 2011)
- Motivationale Selbstregulation (SRQ-A [G]) (Müller et al., 2007)
- Sachinteresse und Herausforderung (SI/H) (eine selbst entwickelte Skala)
- Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren (SWE_EX) (Schroedter, 2012)

2) Experimentiersituation

Die Schülerinnen und Schüler führen je nach Arbeitstempo ein bis drei physikalische Experimente durch. Nach jedem beendeten Experiment wird ein Fragebogen, der nach dem Intrinsic Motivation Inventory (IMI, fünf Subskalen) (Deci & Ryan, 2012) adaptiert wurde, ausgefüllt. Die Experimentiersituation dauert insgesamt 90 Minuten, wovon ca. 10 Minuten für eine kurze Einweisung in den Ablauf des Tests und die Benutzung der Anleitungen verwendet werden. Die Anleitungen, die in eine HTML-Umgebung eingebettet sind, werden auf Laptops präsentiert. Jede Anleitung ist in mehrere Unterpunkte gegliedert, die die einzelnen Schritte des Experiments sehr knapp beschreiben. Per Mausklick lassen sich zu jedem dieser Unterpunkte ausführlichere Informationen anzeigen. Als letzter Unterpunkt jeder Anleitung wird die physikalische Erklärung des Experiments angeboten. Das Lesen dieses Teils der Anleitung ist unserer Meinung nach ein wichtiger Indikator für das vorhandene Sachinteresse. Eine im Hintergrund laufende Software zeichnet die Nutzung der Anleitung durch die Testpersonen auf.

Im Einleitungstext jeder Anleitung wird erklärt, dass mit den vorbereiteten Experimentiermaterialien zwei Varianten desselben Experimentes durchführbar sind. Weiterhin wird erklärt, dass die beiden Varianten sich nur in einem einzigen Punkt unterscheiden und zwar darin, wozu es für die Schülerinnen und Schüler bei dem Experiment geht. Bei Variante 1 geht es darum, neue Erkenntnisse zu einem naturwissenschaftlichen Phänomen zu erwerben (Typ Sachinteresse), bei Variante 2 geht es darum, eine Herausforderung zu meistern (Typ Herausforderung). Die Testpersonen müssen sich vor jedem Experiment für eine der beiden Varianten entscheiden, wobei ihre Entscheidung von der bereits oben erwähnten Software protokolliert wird. Die Schülerinnen und Schüler wissen jedoch nicht, dass sie anschließend immer das gleiche Experiment durchführen werden.

Die Schülerinnen und Schüler wurden darüber hinaus bereits im Vorfeld zufällig in zwei Gruppen unterteilt, die zeitlich getrennt am Test teilnehmen. Die Testpersonen der ersten Gruppe erhalten die Anweisung, jeweils die gesamte Anleitung zu lesen, bevor sie mit dem Experimentieren beginnen (Gruppe 1: Anleitung ist Pflicht). Die Testpersonen der zweiten Gruppe bekommen den Hinweis, dass sie sofort mit dem Experimentieren beginnen dürfen und die Anleitung nicht lesen müssen, wenn sie nicht möchten (Gruppe 2: Anleitung ist Angebot).

In den folgenden Abschnitten können, aufgrund der noch laufenden Untersuchung, nur vorläufige Ergebnisse dargestellt werden. An der Untersuchung haben bisher insgesamt 130 Schüler/-innen (Klassenstufe 7, 8, 9) aus drei Realschulen, einer Hauptschule und einem Gymnasium in Baden-Württemberg teilgenommen. Da jede Testperson während des Tests zwei bis drei Experimente bearbeitete, wurden insgesamt 287 Experimente durchgeführt.

Vorläufige Ergebnisse aus der Vorerhebung

Die Auswertung des Fragebogens ergibt, dass Jungen sich eine höhere Motivation (zum naturwissenschaftlichen Lernen und Experimentieren) und eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren bescheinigen als Mädchen.

Vorläufige Ergebnisse aus der Experimentiersituation

Die Testpersonen entschieden sich bei der Wahl der Art des Experiments häufiger für den Typ Sachinteresse (64%) als für den Typ Herausforderung (36%). Mädchen entschieden sich etwas häufiger für den Typ Herausforderung als Jungen ($r = .117$, $p < 0.05$, $n = 287$)

(Ermittlung der Korrelation: Phi-Koeffizient; Ermittlung der Signifikanz, 2-Seitig: Chi-Quadrat-Test)).

Über die Gesamtstichprobe betrachtet, wurde die physikalische Erklärung für das Experiment in nur 44,1% der Fälle gelesen. Bei der Gruppe, die laut Anweisung die Anleitung vollständig lesen sollte, wurde die physikalische Erklärung in 44,2% der Fälle gelesen. In der Gruppe, bei der die Anleitung lediglich als Angebot galt, wurde die physikalische Erklärung in 43,5% der Fälle gelesen. Bei mehr als der Hälfte der durchgeführten Experimente waren die Testpersonen somit bereits damit zufrieden, dass sie das Experiment (und somit die Herausforderung bzw. den Selbsttest) erfolgreich geschafft haben - der physikalische Hintergrund des Experiments interessierte sie offensichtlich nicht mehr. Zusätzlich gibt es keinen Zusammenhang zwischen der zuvor getroffenen Entscheidung bezüglich des Experimenttyps (Sachinteresse/Herausforderung) und dem Lesen der physikalischen Erklärung während des Experiments. Testpersonen, die gemäß ihrer Entscheidung signalisiert haben, dass sie beim Experimentieren ihr Sachinteresse befriedigen möchten, lasen die physikalische Erklärung ähnlich selten wie Testpersonen, die im Experiment eher eine Herausforderung suchten. Mädchen lasen die physikalische Erklärung häufiger als Jungen ($r = .120$, $p < 0.05$, $n = 287$ (Ermittlung der Korrelation: Phi-Koeffizient; Ermittlung der Signifikanz, 2-Seitig: Chi-Quadrat-Test)). Dieses Ergebnis ist deshalb interessant, weil sich Mädchen, wie bereits oben beschrieben, seltener für ein Experiment vom Typ Sachinteresse entschieden als Jungen.

Die Auswertung des auf dem Intrinsic Motivation Inventory (IMI) basierenden Fragebogens, der von den Testpersonen nach jedem Experiment ausgefüllt wurde, zeigt nicht wie erwartet einen Zusammenhang zwischen der Gruppenzugehörigkeit (Gruppe 1: Anleitung ist Pflicht bzw. Gruppe 2: Anleitung ist Angebot) und dem Autonomieempfinden. Die Analyse der Protokolldateien lässt jedoch erkennen, dass Gruppe 1 die Anleitung nicht gemäß der Aufforderung vollständig gelesen hat. Die Nutzung der Anleitung durch Gruppe 1 ähnelt stark derjenigen von Gruppe 2, wodurch beide Gruppen ähnliche Werte im Autonomieempfinden aufweisen. In einem nächsten Schritt werden deshalb diejenigen Testpersonen aus Gruppe 1 getrennt betrachtet, die gemäß der Anweisung die gesamte Anleitung gelesen haben.

Literatur

- Bescherer, C., & Spannagel, C. (2011). CUSE-D-r Fragebogen zur computerbezogenen Selbstwirksamkeit - reduziert. Verfügbar unter: www.ph-heidelberg.de/wp/spannagel/cuse/CUSE-D-r.doc [11.11.2012,]
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. New York: Plenum Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2012). *Intrinsic Motivation Inventory*. Verfügbar unter: <http://www.selfdeterminationtheory.org/questionnaires/10-questionnaires/50> [11.11.2012]
- Gee, J. P. (2007). *Good Video Games + Good Learning*. New York: Peter Lang Publishing, Inc
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (2009). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (2. Aufl.). Heidelberg: Springer
- Mézes, C., Schröter, E., & Erb, R. (2012). Der Einfluss von Videoexperimentieranleitungen auf die Motivation von Schülerinnen und Schülern. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*.
- Müller, F. H., 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 Schulentwicklung*. Verfügbar unter: http://ius.uni-klu.ac.at/inhalte/publikationen/486_IUS_Forschungsbericht_1_Motivationskalen.pdf [04.03.2012]
- Rheinberg, F. (2004). *Motivationsdiagnostik*. Göttingen: Hogrefe Verlag
- 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*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: Lit Verlag. 164- 166.
- Wilke, H.-J. (1993). Zur Bedeutung des Experiments für den Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 18, 4-7

Die Rolle von Klassenführung für physikbezogene Unterrichtsergebnisse

Rahmenprojekt

Auf Basis eines vereinfachten Angebots-Nutzungs-Modells nach Helmke (2009) werden in der Studie übergeordneten PLUS¹-Projekt fachdidaktische Gegebenheiten im physikbezogenen Unterricht der Primar- und Sekundarstufe verglichen. Damit soll zur Aufklärung des Interessensrückgangs an naturwissenschaftlichen Inhalten, der Abnahme des Images der Naturwissenschaften und der Fähigkeitsselbsteinschätzungen besonders bei Schüler^{innen} sowie den eher niedrigeren Unterrichtsergebnissen nach dem Schulstufenübergang (Gardner, 1998; Hannover & Kessels, 2004; Prenzel et al., 2005) beigetragen werden. Frühere Studien liefern Hinweise auf Unterschiede in der Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts (Hartinger, 2005; Reyer et al., 2004), zwischen den Lehrkräften (Wirz et al., 2005) und in der Schülerwahrnehmung (Ferguson & Fraser, 1999; Speering & Rennie, 1996). Ein sowohl für Lehrende als auch für Lernende relevanter Aspekt der Unterrichtsqualität, der zur Aufklärung der Unterschiede beizutragen vermag, ist die Klassenführung (KF) der Lehrkraft im physikbezogenen Unterricht (Good & Brophy, 2003; Hattie, 2009).

Konstruktdefinition

Die Bandbreite an Definitionen, die der internationalen KF-Forschung zugrunde liegen, verdeutlicht den Facettenreichtum des Konstrukts. Zusammengefasst lässt sich effiziente KF als das Wissen über und die Anwendungsfähigkeit von umfangreichen Reaktionsmöglichkeiten und deren Effizienz hinsichtlich spezifischer Schülerverhaltensmuster beschreiben. Ziel ist es dabei, eine Lernumgebung zu schaffen, in der Instruktion und Lernen überhaupt entstehen und geschehen können (vgl. Duke, 1979). Die Interpretation dessen, was unter einer derartigen Lernumgebung verstanden wird, variiert in (inter-)nationalen Beiträgen stark. In der vorliegenden Studie werden ein störungsarmes Arbeitsumfeld fokussiert, sowie die Lehrerhandlungen, die es begünstigen. Dabei werden störende Schülerverhaltensmuster und sowohl reaktives als auch präventives und proaktives Lehrerhandeln betrachtet (Helmke, 2009). Die Lehrerreaktionen werden hinsichtlich ihrer Situationsangemessenheit, ihrer Adressatengerechtigkeit und ihres Einflusses auf das Unterrichtsgeschehen analysiert (Disziplin). Zudem wird geprüft, inwiefern die Lehrperson dem Entstehen und dem Ausarten von Unterrichtsstörungen entgegenwirkt. Dazu gehören der Einsatz und die konsequente Einhaltung von Regeln (Regelklarheit) sowie eine transparente Unterrichtsstruktur, eine sorgfältig vorbereitete Lernumgebung und eine allgegenwärtige Präsenz der Lehrkraft im Klassenraum (Störungsprävention) (Kounin, 2006).

Forschungsdesign

Um Hinweise auf die postulierten Unterschiede in der Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu erlangen und diese in Relation zu Unterrichtsergebnissen setzen zu können, wurde ein Prä-Post-Design gewählt, in dessen Zentrum eine sechsstündige Unterrichtsreihe steht, die von 60 Sachunterrichts- und 54 Physiklehrkräften durchgeführt wird. Begleitet wird die Unterrichtsreihe durch Videoaufnahmen sowie eine Vielzahl an Fragebögen und Tests. Zentral für die vorliegende Studie sind ein Schülerfragebogen (SKF)

¹ Professionswissen von Lehrkräften, verständnisorientierter naturwissenschaftlicher Unterricht und Zielerreichung im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe

und ein Videoanalyseinstrument zur KF (VKF) sowie ein Leistungstest (prä/post) und ein Fragebogen zum Interesse (prä/post).

Methoden

Der SKF besteht gemäß der hier benutzten Definition von KF aus drei Skalen. Je fünf bis sechs Aussagen werden auf einer vierstufigen Likert-Skala von voller Zustimmung bis zu totaler Ablehnung bewertet. Da insbesondere Grundschülerinnen und -schülern Begriffe wie *Störungsprävention* nicht vertraut sind, geht jeder Skala eine kurze, schülergerechte Erklärung dessen voraus, was im Folgenden bewertet werden soll. Das VKF gliedert sich ebenfalls in die drei Teile der KF (Manuale). Pro Subkonstrukt der KF wurden Kodiererteams von zwei bis drei Personen geschult. Bewertet wurde die KF in Intervallen von je 15 Sekunden, da sich diese Zeiteinheit entsprechend der Häufigkeit von Störungsaufkommen und darauffolgenden Lehrerreaktionen bewährt hat. Die einzelnen Manuale bestehen aus zehn Variablen, die die vorliegenden Unterrichtsstörungen und die Lehrerreaktionen erfassen sowie acht bzw. sechs Variablen, die die Regelklarheit und das Vorkommen störungspräventiver Maßnahmen beleuchten.

Nach dem Ausschluss zweier Regelklarheitssitems, die sich im Rahmen einer Raschanalyse als kritisch hinsichtlich der zweigeteilten Stichprobe von Grund- und Sekundarstufenschüler/innen erwiesen haben, wiesen sowohl der Schülerfragebogen² als auch das Videoanalyseinstrument³ zufriedenstellende Konsistenzmaße auf. Eine postulierte gegenseitige Validierung der Instrumente wird nicht bestätigt, da die Korrelationen der Daten aus Schülersicht und aus der Perspektive der externen Beobachter eher als niedrig einzustufen sind. Das kann zum einen daran liegen, dass die Schülersicht anhand eines Overall-Ratings erfasst wurde, während die externen Beobachter sehr kleinschrittig geurteilt haben. Zum anderen spiegeln sich darin aber auch die Ergebnisse früherer Studien wider. So führen verschiedene Perspektiven auf Unterricht häufig zu unterschiedlichen Resultaten (Clausen, 2002).

Ausgewählte Ergebnisse

Da der Fokus dieses Beitrags auf der Rolle von KF für physikbezogene Unterrichtsergebnisse liegt, werden die schulformvergleichenden Analysen an dieser Stelle ausgeklammert und die Zusammenhangsanalysen präsentiert. Aufgrund der hierarchisch geschachtelten Datenstruktur wurde ein Mehrebenenmodell zugrunde gelegt, das die Abhängigkeit der beobachteten Einheiten innerhalb ihrer Cluster berücksichtigt und damit nicht nur eine Überschätzung der Stichprobengröße, sondern auch die Unterschätzung der Standardfehler der Modellparameter verhindert (Geiser, 2011).

Abbildung 1 zeigt die Varianzaufklärung im Lernzuwachs der Lernenden durch die Störungsintensität im Unterricht, die videoanalytisch gemessen wurde. Störungsärmerer Unterricht begünstigt demnach den Lernzuwachs von Schüler/innen.

Effects on Postscore	Model 1			Model 2		
	Est.	SE	p	Est.	SE	p
E 1: Schülermerkmale						
Vorwissen	0.489	0.020	.000	0.490	0.020	.000
Kognitive Fähigkeiten	0.125	0.018	.000	0.126	0.018	.000
Fachinteresse	0.089	0.017	.000	0.087	0.017	.000
Sozio-ökonomischer Status	0.039	0.019	.042	0.040	0.019	.039
R ² _{Student}	0.356	0.024	.000	0.357	0.024	.000
E 2: Lehrermerkmale						
Störungsintensität				0.080	0.040	.043
R ² _{Student}				0.048	0.045	.277

Abb. 1: Mehrebenenanalyse zum Einfluss von Klassenführung auf Lernzuwachs

² SKF: Reliab. Disziplin = .871; Reliab. Regelklarheit = .983; Reliab. Störungsprävention = .824

³ VKF: Durchschnittliche Interrater-Reliabilität gemessen in Cohen's Kappa = .917

Abbildung 2 zeigt die Varianzaufklärung in der Interessensentwicklung der Lernenden durch die Wahrnehmung der Disziplin und der Prävention im Unterricht (Ebene I). Zudem wirken sich hektische Unterrichtsphasen – bedingt durch zu viele gleichzeitige Instruktionen pro Zeiteinheit (Ebene II) – ungünstig auf die Interessensentwicklung aus.

Effects on Postscore	Modell 1			Modell 2		
	Est.	SE	p	Est.	SE	p
<i>E 1: Schülermerkmale</i>						
Themenspezifisches Interesse	0.457	0.020	.000	0.403	0.021	.000
Vorwissen	0.048	0.020	.020	0.047	0.020	.016
Wahrnehmung der Disziplin				0.097	0.018	.000
Wahrnehmung der Störungsprävention				0.191	0.023	.000
R ² (Ebene I)	0.266	0.026	.000	0.275	0.022	.000
<i>E 2: Lehrermerkmale</i>						
Hauptschule	-0.243	0.073	.001	-0.216	0.065	.001
Gymnasium	-0.485	0.084	.000	-0.375	0.073	.000
Hektik durch zu viel Stoff / Instruktion				0.063	0.018	.001
R ² (Ebene II)	0.385	0.103	.000	0.376	0.107	.000

Abb. 2: Mehrebenenanalyse zum Einfluss von Klassenführung auf Interessensentwicklung

Fazit

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Aspekte von KF, die sich direkt auf die aktive Lernzeit auswirken (Störungsintensität) einen Einfluss auf Lernzuwächse im physikbezogenen Unterricht besitzen, während die Schülerwahrnehmung des Lehrerverhaltens sowie wiederholte Phasen, in denen Lernende den instruktionalen Ansprüchen nicht in vollem Umfang gerecht werden können, sich eher auf die Interessensentwicklung über eine Unterrichtseinheit hinweg auswirken. Weitere Analysen werden in der Dissertationsschrift Mitte 2013 präsentiert und veröffentlicht.

Literatur

- Clausen, M. (2002). Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive? Empirische Analysen zur Übereinstimmung, Konstrukt- und Kriteriumsvalidität. Münster: Waxmann
- Duke, D. L. (Ed.) (1979). Editor's Preface. In D. L. Duke (Ed.). Classroom Management (78th yearbook of the National Society for the Study of Education, Part 2). Chicago: University of Chicago Press.
- Ferguson, P. & Fraser, B. (1999). Changes in learning environment during the transition from primary to secondary school. Learning Environments Research, 1, 369-383
- Gardner, P. L. (1998). The development of males' and females' interests in science and technology. In: Hoffmann, L. et al. (Eds.), Interest and Learning. Kiel: IPN, 41-57
- Geiser, C. (2010). Datenanalyse mit Mplus: Eine anwendungsorientierte Einführung. Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften
- Good, T. & Brophy, J. (2003). Looking in Classrooms (9th). Boston: Allyn and Bacon
- Hannover, B. & Kessels, U. (2004). Self-to-prototype matching as a strategy for making academic choices. Why German high school students do not like math and science. Learning and instruction 14 (1), 51-67.
- Harter, A. (2005). Verschiedene Formen der Öffnung von Unterricht und ihre Auswirkungen auf das Selbstbestimmungsempfinden von Grundschulkindern. Zeitschrift für Pädagogik, 51, 397-414
- Hattie, John (2009). Visible Learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London, New York: Routledge
- Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Knallmeyer
- Kounin, J. S. (2006). Techniken der Klassenführung. Standardwerke aus Psychologie und Pädagogik. Reprints. München: Waxmann
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rost, J. & Schiefele, U. [PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.)]. (2005). PISA 2003. Der zweite Vergleich der Länder in Deutschland – Was wissen und können Jugendliche? Münster: Waxmann
- Reyer, T., Trendel, G. & Fischer, H. E. (2004). Was kommt beim Schüler an? – Lehrerintentionen und Schülerlernen im Physikunterricht. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung (S. 195-211). Münster: Waxmann
- Speering, W. & Rennie, L. (1996). Students' perceptions about science: The impact of transition from primary to secondary school. Research in Science Education, 26, 283-298
- Wirz, C., Fischer, H. E., Reyher, T. & Trendel, G. (2005). Lehrvoraussetzungen von Lehrerinnen und Lehrern in Physik- und Sachunterricht. In A. Pitton (Hrsg.), GDGP: Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung. Münster: Lit Verlag, 92-94

Energiebildung in der Schule Eine Bestandsaufnahme aus der Praxis

Energie ist nicht nur ein Kernkonzept der Naturwissenschaften und fest in den Bildungsstandards verankert, als Querschnittskonzept ist sie auch entscheidend für das Verständnis und die Bewertung aktueller technologischer, ökologischer und wirtschaftlicher Fragen in vielen Bereichen des alltäglichen Lebens. Betrachtet man das Energiekonzept aus diesen unterschiedlichen Perspektiven wird deutlich, dass für das Verständnis und die Bewertung von Fragen zur Energie und Energieversorgung die Vernetzung von innerfachlichem, inter- & transdisziplinärem Wissen eine entscheidende Rolle spielt (vgl. Leopoldina, 2009). Neben der Vermittlung von Wissen steht der Erwerb übergeordneter Sichtweisen und Kompetenzen im Fokus (vgl. z.B. Neumann, Viering & Fischer, 2010). Darüber hinaus geht es auch um die Entwicklung von Einstellungen und Haltungen (vgl. z.B. Zografakis, Menegaki & Tsagarakis, 2008). Dazu gehört die grundlegende Aufgeschlossenheit, sich mit Fragen der Energie und Energieversorgung auseinanderzusetzen und eine eigene Position reflektiert und begründet zu vertreten (vgl. z.B. Dias, Mattos & Balestieri, 2004). Die Energiebildungsstudie soll Informationen darüber liefern, inwieweit fachlich-technische Grundlagen sowie überfachliche Aspekte der Energiethematik in der Schulpraxis eine Rolle spielen.

Ziele und Design der Studie

Die Energiebildungsstudie (Projektlaufzeit 01/2011-12/2013), die in Zusammenarbeit mit der RWE-Stiftung stattfindet, untersucht den Stand der Energiebildung an deutschen Schulen in Bezug auf domänen-spezifische und inter- und transdisziplinäre Kenntnisse über das Energiekonzept. Die Energiebildungsstudie besteht aus vier Modulen: Bestandsaufnahme des intendierten Curriculums (Lehrpläne; Bildungsstandards) (Modul 1), Umsetzung des implementierten Curriculums in der Schule (Modul 2), Schülerwissen basierend auf Kernideen über das Energiekonzept in Kombination mit gesellschaftlichen Kontexten (Modul 3). Die Ergebnisse der drei Module werden für die Erarbeitung von Empfehlungen zur Förderung von Energiebildungsmaßnahmen genutzt (Modul 4). Bisher sind die Module 1 und 2 abgeschlossen; Modul 3 und 4 werden zurzeit durchgeführt bzw. sind in Vorbereitung. Im Rahmen des ersten Moduls soll die Frage geklärt werden, welche Aspekte des Energiekonzepts in den Lehrplänen thematisiert werden und in welchen Kontexten das Energiekonzept im Lehrplan implementiert ist. Die zweite Frage betrifft das implementierte Curriculum (Modul 2): Wie beurteilen Lehrerinnen und Lehrer die Bedeutung von energiebildendem Unterricht und wie setzen sie das Thema im Unterricht um?

Energiebildung im intendierten Curriculums

Die Untersuchung zum intendierten Curriculum (Modul 1) basiert auf 184 Lehr- und Bildungsplänen aller 16 Bundesländer für die Grundschule, die Sekundarstufe I und II und berücksichtigt alle Pläne der naturwissenschaftlichen Fächer (einschließlich des integrierten Fachs *Nawi*, dem Fach Technik und des Sachunterrichts), sowie der gesellschaftlichen Fächer (u.a. Wirtschaft/Politik, Geografie, usw.). Die Inhaltsanalysen basieren auf einem Kategoriensystem aus vier inhaltlichen Kategorien: Energietransport, -umwandlung, -erhaltung und -entwertung und drei Kontextkategorien: Technik, Ökonomie und Ökologie (vgl. Duit, 1986).

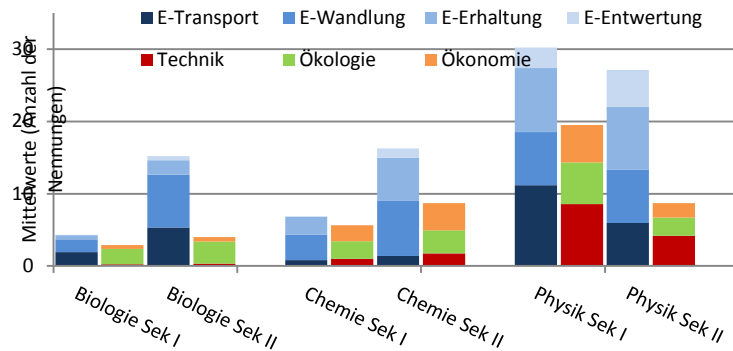


Abb. 1: Mittelwertvergleiche der Nennungen des Energiekonzepts in den Lehrplänen Biologie, Chemie und Physik (Sek I und II)

Manche Bundesländer sind in der Vergangenheit von der Praxis detaillierter Lehrpläne abgerückt und geben nur relativ knappe Beschreibungen der Ziele vor. Daher geben die nachfolgenden Ergebnisse einen groben Überblick. Aussagekräftiger sind vielmehr die Gewichtungen zwischen den einzelnen Aspekten des Energiekonzepts und der Kontextorientierung. Die Analysen weisen auf einige deutliche Unterschiede nicht nur hinsichtlich der innerfachlichen Fokussierung in den Lehrplänen, sondern auch im Hinblick auf die kontextuelle Einbettung des Energiekonzepts hin (Abb.1). Während in der Biologie der Anteil an innerfachlichen Begriffen zum Energiekonzept in der Sekundarstufe I am geringsten ausfällt, steigt der Anteil, wie auch in der Chemie, in der Sekundarstufe 2 deutlich an. Ein gegenläufiger Trend ist in der Physik zu beobachten; hier sinkt der Anteil der innerfachlichen Energiebetrachtungen. Das Energiekonzept wird schwerpunktmäßig in den Physik-Lehrplänen thematisiert. Hier fällt die breite Basis der innerfachlichen Behandlung über alle Aspekte des Energiekonzepts auf. Dennoch wird die Energieentwertung am wenigsten in den Lehrplänen genannt. Energiewandlungsprozesse werden deutlich häufiger in den Lehrplanangaben berücksichtigt. In der Chemie liegt der Fokus energetischer Betrachtungen ganz klar auf stofflichen und energetischen Wandlungsprozessen und deren Kopplung. In der Biologie stehen sowohl Transport als auch Wandlungsprozesse der Energie im Vordergrund. Dies ist im Einklang mit den fachlichen Schwerpunkten der Biologie, die neben Stoffwechselprozessen auch das Konzept materieller und energetischer Kreisläufe thematisieren.

Energiebildung aus Sicht der Lehrerinnen und Lehrer

Ziel des zweiten Moduls ist es, das praktizierte Curriculum zum Thema Energie sowohl in Bezug auf einzelne Unterrichtsmethoden zu erfassen als auch die Bereitschaft der Lehrkräfte in allen Schulstufen für die Umsetzung neuer Bildungsangebote zu erheben. Insgesamt nahmen 394 Lehrerinnen und Lehrer mit einer Spanne von einem bis 43 Jahren Lehrererfahrung ($M = 19,63$, $SD = 17,92$) freiwillig an der Befragung teil. Der eingesetzte Online-Fragebogen wurde von 284 Lehrpersonen bearbeitet. 110 Lehrpersonen von Schulen mit einem speziellen Profil in der Energiebildung wurden mit einem identischen Papier-Bleistift-Fragebogen befragt. Die Einstellungen und Überzeugungen der Lehrpersonen wurde durch 19 Items mit 4-Punkt-Likert-Skalen bzw. adaptierte 5 Subskalen erhoben: Selbstwirksamkeit (4 items; $\alpha = .69$), Begeisterung (4 items; $\alpha = .89$), Anwendungsbezug (3 items; $\alpha = .66$), Hands-on Aktivitäten (3 items; $\alpha = .79$), kognitive Aktivierung (5 items; $\alpha = .80$). Fragen, die auf die Bedeutung der Energiebildung im schulischen Umfeld, der Gesellschaft und eine

Bewertung von Lehrerfortbildungsangeboten zur Energiebildung abzielten, wurden den Lehrpersonen ebenfalls vorgelegt.

Die befragten Lehrpersonen können als sehr motiviert charakterisiert werden ($M = 3,40$, $SD = 0,58$) und sie zeigen ein hohes Maß an Selbstwirksamkeit ($M = 3,05$, $SD = 0,50$). Zwei Drittel (68 %) der Lehrerinnen und Lehrer betonten, dass für die Organisation einer nachhaltigen Entwicklung im Bereich der Energiebildung in unserer Gesellschaft wesentlich größere Anstrengungen nötig sind ($M = 3,59$, $SD = 0,66$). Lehrpersonen aller Schulformen erklärten, dass sie ihren Unterricht auf aktive Lern-/Lehrformen stützen und auf Alltags- und Anwendungsbezüge ausrichten. Schüleraktivitäten (Experimente, Planspiele oder Projekte) spielen ebenfalls eine Rolle (Abb. 2). Mehr als 70 % der befragten Lehrerinnen und Lehrer sehen die berufliche Orientierung im Energiebereich sowie die Lehrplanentwicklung im Bereich der Energiebildung als zukünftige Herausforderung der Schul- und Unterrichtsentwicklung als sehr wichtig an.

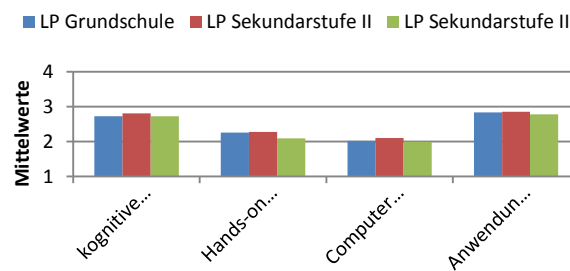


Abb. 2: Mittelwertvergleiche der Nennungen zur Unterrichtsgestaltung

Diskussion

Zusammenfassend sind die untersuchten Lehr- und Bildungspläne in weiten Bereichen auf naturwissenschaftliche und in geringerem Umfang auf technisch-basierte Fragen ausgerichtet. Gesellschaftliche, d.h. ökologische und ökonomische, Themen werden nur selten thematisiert. Die beträchtliche Heterogenität in den Ausrichtungen und Schwerpunktsetzungen der Lehrpläne wird den gesellschaftlichen Anforderungen nicht gerecht. Es bleibt offen, wie unter den gegebenen Randbedingungen eine umfassende Kompetenzentwicklung erfolgen kann. Lehrerinnen und Lehrern sind diese Herausforderungen bewusst. Ihr Engagement und ihre Innovationsbereitschaft sind wichtig und bedeutsam, um erfolgreich eine zukunftsweisende Energiebildung zu implementieren. Darüber hinaus brauchen Lehrerinnen und Lehrer aber auch Unterstützung, vor allem für eine ausreichende Kontextualisierung von gesellschaftlichen Themen in Kombination mit einem naturwissenschaftlichen und technologisch-orientierten Curriculum.

Literatur

- Dias, R. A., Mattos, C. R. & Balestieri, J. A. (2004). Energy education: breaking up the rational energy use barriers. *Energy Policy*, 32 (11), 1339-1347
- Duit, R. (1986). *Der Energiebegriff im Physikunterricht*. IPN / Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften: Bd. 100. Kiel: IPN
- Leopoldina-Deutsche Akademie der Naturforscher / Nationale Akademie der Wissenschaften; acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften; Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. (2009). *Konzept für ein integriertes Energieforschungsprogramm für Deutschland*. Verfügbar unter: <http://www.acatech.de/?id=750> [13.10.2012]
- Neumann, K., Viering, T. & Fischer, H. E. (2010). Die Entwicklung physikalischer Kompetenz am Beispiel des Energiekonzepts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 299-314.
- Zografakis, N., Menegaki, A. N. & Tsagarakis, K. P. (2008). Effective education for energy efficiency. *Energy Policy*, 36 (8), 3226-3232

Dual Search von Physiklehrkräften im Hypothesen- und Experimentraum

Die zentrale Untersuchungsmethode der Physik ist das Experimentieren und aus dem Zusammenspiel von Theorie und Experiment entwickelt sich die naturwissenschaftliche Erkenntnis. Jedoch können gerade im Bereich der Schule die an das Experimentieren geknüpften hohen Erwartungen oft nicht erfüllt werden (Harlen, 1999). Forschungsergebnisse belegen, dass Experimente im Unterricht nur selten effektiv eingesetzt werden und das Ziel des Experimentierens, die Erkenntnisgewinnung, oft nicht erreicht wird (Tesch & Duit, 2004). Dies bedeutet, dass das Experimentieren auf der Erkenntnisebene vielfach „ins Leere“ läuft. Ein Grund dafür kann sein, dass die Überzeugungskraft von Experimenten durch die Lehrpersonen überschätzt wird. Damit ist gemeint, dass die Anordnung bestimmter Objekte und Gerätschaften, die unter einer physikalischen Perspektive ein Experiment darstellen, von Schülerinnen und Schülern zunächst einmal in ihrer Bedeutung verstanden werden müssen. Objekte und Gerätschaften sind also zunächst einmal Dinge, denen im Zusammenhang mit einer Fragestellung oder einem Problem die Funktion zugewiesen werden muss, die Fragestellung zu beantworten oder das Problem zu lösen. Wir haben es hier also mit einer kognitionspsychologischen Sichtweise auf das Experimentieren zu tun.

Die hier dargestellte Studie (Greinert & Tunke, 2011) klassifiziert Erkenntnisprozesse, die auf das Experimentieren als Problemlöseprozesse setzen (vgl. Mayer, 2007). Dieser kognitionspsychologische Ansatz begreift den Erkenntnisprozess, ausgehend von einem wissenschaftlichen Problem oder einem zu erklärenden Phänomen, als die Suche nach einem Weg, der von einem definierten Anfangszustand dieses Problems zum Zielzustand führt (in der Biologiedidaktik ist dieser Ansatz bereits weitgehend etabliert, vgl. Hammann et al., 2007). Klahr (2000) beschreibt diese Suche mit Hilfe zweier Räume, die er als *Hypothesenraum* und als *Experimentraum* bezeichnet, also Mengen von Hypothesen und Experimentieranordnungen, zwischen denen eine Passung herzustellen ist. Mit beiden Räumen ist der Experimentator, also aus der Perspektive von Schule meistens der Schüler oder die Schülerin, oft nur schlecht vertraut. Die Suche nach der Passung zwischen Hypothese und Experiment ist ein Prozess der zweifachen Suche (Dual Search) und wurde von Klahr in drei Komponenten gegliedert, dem „Suchen im Hypothesenraum“, dem „Testen von Hypothesen“ und der „Bewertung der Beweise“.

Resultierend aus Klahrs „Scientific Discovery as Dual Search“-Modell (SDDS-Modell) ergibt sich bezüglich des Erkenntnisprozesses zunächst die Fragestellung, wie der Verlauf der Suche innerhalb der zwei Räume beschrieben werden kann. Dem Ansatz folgend, dass bei einer Suche das Finden kriteriengeleitet stattfindet und dass bei der Prüfung, ob ein Kriterium erfüllt ist oder nicht, Entscheidungen getroffen werden müssen, haben wir die zweifache Suche als einen Entscheidungsprozess modelliert. Das Modell von Klahr ist dazu in ein „*Entscheidungsmodell*“ überführt worden, das die Suche als eine Kette von Entscheidungen modelliert (Greinert & Tunke, 2011). Diese Entscheidungen lenken die Suche in den beiden Räumen, bis eine Passung zwischen Hypothese und Experiment gefunden worden ist. Dabei muss die Suche nicht unbedingt im Hypothesenraum beginnen, denn es kann sein, dass zunächst für einen Experimentaufbau überlegt werden muss, welche Hypothese man damit untersuchen kann. In der vorliegenden Studie sind aber nicht Schülerinnen und Schüler bei ihrer „Dual Search“ untersucht worden, sondern Lehrkräfte. Dies ist aus der

Überlegung heraus geschehen, dass auch Lehrpersonen für die Planung und Vorbereitung von Unterricht die gleichen oder ähnliche Entscheidungsprozesse durchlaufen müssen wie ihre Schülerinnen und Schüler, allerdings ggf. mit anderen Kriterien.

Basierend auf dem entwickelten Entscheidungsmodell (vgl. Greinert und Tunke, 2011) sind die ablaufenden Denk- und Entscheidungsprozesse von Lehrkräften sowie die angewendeten Kriterien untersucht worden. Als Untersuchungsinstrument diente ein Interview mit drei Sektionen, die sich an den oben dargestellten drei Komponenten der „Dual Search“ orientieren. Erfahrene Physiklehrkräfte mit fünf bis 41 Berufsjahren (Anzahl 7) und Lehramtsstudierende der Masterphase (Anzahl 7) haben an der Untersuchung teilgenommen. Im Rahmen des Interviews hat jeder Proband für jede Sektion einen Studienbogen erhalten, der nach einem verbal formulierten Arbeitsauftrag bearbeitet worden ist. Der Studienbogen hat aus einer Experimentieranleitung und einer zugehörigen Fragestellung, die dem Probanden als gedankliche Orientierungshilfe dienen soll und das Befragungsziel während des Interviews präsent hält, bestanden. Der Proband ist angehalten worden, seine Gedanken während der Bearbeitung detailliert zu äußern. Unterstützend sind hierbei während der Bearbeitung weitere standardisierte Fragen gestellt worden.

- Mit dem Interviewteil „*Hypothesen generieren*“ wird der Teilprozess der Hypothesensuche untersucht. Hier soll der Proband für ein vorgegebenes Problem oder Phänomen kriteriengeleitet eine Hypothese generieren, die im nächsten Schritt ebenfalls anhand von Kriterien auf ihre Eignung hin geprüft wird. Mit dem Generieren einer für geeignet erachteten Hypothese endet zunächst der Teilprozess der Hypothesensuche. Im konkreten Interview soll das Phänomen untersucht werden, dass eine Batterie, die gar nicht in einen Stromkreis geschaltet ist, die Stellung einer Kompassnadel beeinflusst.
- Mit Hilfe des zweiten Interviewteils „*Wahl aus drei Experimenten*“ wird die Suche der Probanden im Experimentraum näher untersucht. Hierfür wählt der Proband zu einer vorgegebenen Hypothese aus drei ausgearbeiteten Experimentaufbauten das für ihn zur Untersuchung dieser Hypothese am besten geeignete Experiment aus (es werden dabei auch Experimentaufbauten vorgeschlagen, mit denen zwar Hypothesen untersucht werden können, aber nicht die vorgegebene Hypothese). Im konkreten Fall dreht es sich um eine Hypothese aus dem Bereich der Strahlenoptik, wonach sich die Vergrößerung eines Fernrohrs aus dem Verhältnis von Objektiv- und Okularbrennweite bestimmen lässt. Der Proband erhält drei verschiedene Anleitungen mit Anordnungen, die sich in ihrer Parametervariation unterscheiden. Der Entscheidungsprozess beginnt hier bei der vorgegebenen Hypothese. Zur Untersuchung dieser Hypothese erfolgt im nächsten Schritt die Suche im Experimentraum. Der Fokus dieses Interviewteils liegt daher auf den Entscheidungen zur Auswahl im Experimentraum.
- Mit dem dritten Interviewteil „*Beurteilen der Passung von Experiment und Hypothese*“ wird die Analyse der „evidence“ als Entscheidungsprozess untersucht. Hierfür soll der Proband beurteilen, welche Aussage mit Hilfe eines vorgegebenen Experimentes über eine bestimmte Hypothese gemacht werden kann. Im Fall des konkreten Interviews handelt es sich bei der Hypothese um diese Aussage: Der Lichtweg ist umkehrbar. Der Entscheidungsprozess beginnt für den Probanden demnach beim Experimentieren, wobei hier sowohl die Hypothese als auch das Experiment vorgegeben sind. Nach der Durchführung erfolgt die Analyse der evidence, welche in diesem Interviewteil fokussiert wird.

Die Daten sind nach dem von Mayring (2003) beschriebenen Verfahren der „Qualitativen Inhaltsanalyse“ ausgewertet worden und basieren auf den Transkripten der durchgeführten Interviews. Im Rahmen der ersten Interviewsektion („Hypothesen generieren“) sind zwei

unterscheidbare Denk- und Entscheidungsprozesse herausgearbeitet worden. Es war festzustellen, dass vor allem die erfahrenen Lehrkräfte nach der Präsentation des Phänomens (Batterie mit Kompassnadel) zunächst eine Liste an Vermutungen aufgestellt haben, die sie mittels vorgeschlagener und auch selbst durchgeführter Experimentierideen systematisch abgearbeitet und überprüft haben. Die (vorwiegend) Berufseinsteiger hingegen lassen sich mehr durch ein schrittweises trial-and-error-Verfahren kennzeichnen, ausgehend von einer ersten Vermutung durch das Testen dieser Vermutung und unter Berücksichtigung der gemachten Beobachtungen neue Vermutungen aufstellend.

Im Rahmen der zweiten Interviewsektion („Wahl aus drei Experimenten“) sind eine Vielzahl von Kriterien erhoben worden, die den Entscheidungsprozess mitbestimmen. Zur Konstruktion dieser Kriterien sind die zentralen Äußerungen der Probanden aus den transkribierten Interviews exzerpiert und in Aussagen, welche mit Ja oder Nein zu beantworten sind, überführt worden. Dabei wurde ebenfalls die persönliche Deutung und nicht die wissenschaftliche Bedeutung der Begrifflichkeiten „Hypothese“ und „Experiment“ für die Formulierung der Kriterien verwendet, da dies sonst die Kriterien verfälscht hätte. Im der dritten Interviewsektion ist festgestellt worden, dass der im Vorfeld modellierte Entscheidungsprozess bei der Experimentsuche, der hier nach der Frage der Eignung direkt zum Experiment und zur Analyse der evidence führt, mit einem zusätzlichen Entscheidungspunkt versehen werden musste. Der Punkt „*Reicht die evidence aus?*“ ist parallel zu der Entscheidung über die Eignung eines Experimentes ergänzt worden. Hier ist festgestellt worden, dass einige Probanden im Rahmen der Eignungsfrage zunächst mit konkreten Eignungskriterien argumentiert haben, darauf folgend aber sofort auf die evidence der Ergebnisse eingegangen sind. Für diese Probanden hat sich nach der Durchführung des Experiments daher nicht mehr die Frage der evidence gestellt, denn sie haben direkt einen Rückschluss auf die Hypothese ziehen können.

Die vorliegende Studie zeigt, dass das SDDS-Modell auch geeignet ist, Prozesse der Unterrichtsplanung und -strukturierung zu modellieren, indem die Denk- und Entscheidungsprozesse von Lehrpersonen nachgezeichnet werden. Damit eignet sich das Modell für Zwecke der Lehreraus- und -fortbildung, denn das Experimentieren als kognitiver Prozess wird problematisiert und es wird dafür sensibilisiert, dass Anordnungen von Objekten und Geräten erst die Bedeutung von Experiment zugewiesen werden muss. Für angehende Lehrkräfte ist es dabei hilfreich, sich selbst in der Situation dieser Bedeutungskonstruktion wahrzunehmen. Die Studie macht aber auch deutlich, dass weitere kognitionspsychologische Forschung zum Experimentieren notwendig ist.

Literatur

- Greinert, L. & Tunke, Ch. (2011). Dual Search von Physiklehrkräften im Hypothesen- und Experimentraum. Masterarbeit. Oldenburg: CvO-Universität
- Hammann, M., Phan, T.H. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 8, 33-49
- Harlen, W. (1999). Effective teaching of science. Edingborough: The Scottish Council for Research in Education (SCRE)
- Klahr, D. (2000). Exploring Science: The Cognition And Development of Discovery Processes. Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology (MIT Press), 2000
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger, H. Vogt (Hrsg.). Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Berlin: Springer, 177-186.
- Mayring, P. (2003). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 8. Auflage. Basel, Weinheim: Beltz Verlag, 2003
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 10, 51-69

Zur Förderung naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen bei Schülerinnen und Schülern mit Hörschädigung im Chemieunterricht

Einleitung

Mit der Unterzeichnung der *Behindertenrechtskonvention* (United Nations, 2006) zur inklusiven Beschulung von Lernenden mit Förderbedarf hat die Gestaltung inklusiver Lernumgebungen in den Bildungswissenschaften und Fachdidaktiken in Deutschland zunehmend an Bedeutung gewonnen. Um Lernende mit Förderbedarf im Unterricht entsprechend fördern zu können, gilt es konkrete Maßnahmen und Methoden zu identifizieren, welche die besonderen Lernvoraussetzungen berücksichtigen und sich zur Unterstützung der Lernprozesse eignen (Marschark & Knoors, 2012). Bisher existieren allerdings nur wenige Forschungsergebnisse und Konzepte (Schmitt-Sody & Kometz, 2012; Spencer & Marschark, 2010), die sich mit der Förderung von Lernenden mit Hörschädigung im Chemieunterricht beschäftigen. An diesem Forschungsdesiderat setzt das vorliegende Forschungsvorhaben an. Im Rahmen einer explorativen Vorstudie wurden zunächst Lernschwierigkeiten und Lernvoraussetzungen von Lernenden mit Hörschädigung im Chemieunterricht diagnostiziert. Auf Grundlage der Ergebnisse wurden weiterführende Forschungsfragen generiert und Ideen für Förderkonzepte entwickelt. Die daraus entstandenen Unterrichtsmaterialien sollen dann in den Unterricht implementiert und qualitativ evaluiert werden. Die zentralen Ergebnisse der Vorstudie und Hinweise zum weiteren Vorgehen sind in diesem Artikel zusammengefasst.

Methoden

Im Rahmen der Vorstudie wurden zunächst Chemielehrkräfte von Förderschulen für hörgeschädigte Lernende mithilfe von Fragebögen und Interviews befragt. Zur *Methoden triangulation* (Flick, 2011) wurden die Ergebnisse anschließend durch videografierte und teilnehmend beobachtete Unterrichtsstunden geprüft.

An der Fragebogenuntersuchung haben 26 Chemielehrende teilgenommen. Der Fragebogen enthielt offene Fragen u.a. zu den Lernschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Chemieunterricht. Anschließend wurden fünf Lehrkräfte, die zuvor an der Befragung teilgenommen hatten, in Leitfadeninterviews befragt. Die Lehrenden erhielten u.a. Fragen zu ihrer Hochschulausbildung, den Bedingungen an der Schule und zum Dokumentieren von Experimenten. Basierend auf dem Konzept der *partizipativen Aktionsforschung* (Mc Taggart, 1997) wurden mit den Lehrenden Ideen für Differenzierungsmaßnahmen zum Dokumentieren von Experimenten entwickelt. Daraufhin erfolgten Videografien und Beobachtungen in zehn Unterrichtsstunden an zwei Förderschulen in den Jahrgängen 6 und 9. Zur Auswertung der Aufnahmen und Beobachtungen wurde auf Grundlage vorheriger Untersuchungsergebnisse ein Beobachtungsleitfaden entwickelt. Die Analyse aller Ergebnisse erfolgte mit der *Qualitativen Inhaltsanalyse* (Mayring, 2010) und *MAXQDA 10*.

Ergebnisse

Fragebogen

Nach Angaben von 19 Lehrenden führen v.a. die geringen sprachlichen Kompetenzen der Lernenden zu Lernschwierigkeiten im Chemieunterricht. Die Lernenden benötigen beispielsweise beim Verstehen von Lehrbuchtexten und beim Beschreiben von Vorgängen und Beobachtungen häufig Unterstützung. Die Lehrkräfte sind daher nicht selten dazu angehalten, ihre Unterrichtsmaterialien sprachlich zu optimieren. Für die Gestaltung der

Unterrichtskommunikation finden die Lehrerinnen und Lehrer nicht immer Unterstützung in der Gebärdensprache, wie sieben Lehrende angaben. Da die meisten Fachbegriffe in der Gebärdensprache nicht repräsentiert sind, stellt dies v.a. für gebärdensprachlich kommunizierende Schülerinnen und Schüler ein offensichtliches Problem dar.

Aus der Sicht von neun Lehrenden ist auch das Nutzen von Modellen für die Lernenden mit Schwierigkeiten verbunden. Die Lernenden benötigen häufig Unterstützung dabei, Modelle zu verstehen, zu beschreiben und zur Erklärung von naturwissenschaftlichen Phänomenen heranzuziehen. Nach Angaben der Lehrenden werden daher abstraktere Themen häufig nicht behandelt oder stark vereinfacht. Folglich findet die Erklärung von Experimenten weniger auf der submikroskopischen, sondern vermehrt auf der makroskopischen Ebene statt. Obwohl die Schwierigkeiten mit Modellen hier kein spezifisches, sondern ein generelles Problem darstellen (Barke, Harsch & Schmid, 2011), bedarf es aber vermutlich bei Lernenden mit Förderbedarf an ausgeprägteren Unterstützungshilfen.

Weitere Aussagen der Lehrenden weisen darauf hin, dass die Lernschwierigkeiten auch darin begründet sind, dass an Förderschulen kaum ausgebildete Fachkräfte vorhanden sind. Es ist zu erwarten, dass das fachfremde Unterrichten auch auf einen Großteil der Befragten zutrifft. Um spezifischere Informationen zu erhalten, wurden einige Lehrkräfte interviewt.

Interviews

Aus der Studie geht hervor, dass keiner der interviewten Lehrkräfte eine Fachausbildung im Fach Chemie aufweist. Die Lehrkräfte haben die Fächern Mathematik, Biologie oder Physik studiert und unterrichten Chemie meist als einzige Lehrkraft der Schule. Ihr Fachwissen haben sie im Selbststudium oder durch die Teilnahme an Zertifikatskursen erworben.

Die Lehrenden gaben an, dass Schwierigkeiten beim Dokumentieren von Experimenten in den geringen sprachlichen Kompetenzen der Lernenden begründet sind. Weitere Schwierigkeiten treten beim Hypothesenbilden und Finden von Erklärungen auf. Aus diesem Grund wählen die Lehrenden zum Dokumentieren Lückentexte.

Die Vorschläge der Lehrenden zur Entwicklung von Unterrichtsmaterialien betreffen das geleitete und strukturierte Schreiben, Hinweise auf Satzstrukturen und den Einsatz eines Fachwortglossars. Das Glossar könnte neben wichtigen Fachbegriffen auch Abbildungen (z.B. von Laborgeräten) enthalten und durch Fachgebärden ergänzt werden, wenn diese vorhanden sind. Nach Angaben der Lehrkräfte gelingt es den Lernenden sehr gut, mithilfe von Bildern zu lernen. Daher schlagen sie zur Dokumentation den Einsatz von Bildleisten vor, anhand derer die Lernenden die Experimente rekonstruieren können. Aufgrund der heterogenen Lerngruppen, die sich u.a. hinsichtlich ihrer Sprachkompetenz, ihres Hörstatus' und des Vorhandenseins weiterer Förderbedarfe unterscheidet, wünschen sich die Lehrenden weitere Möglichkeiten zur Differenzierung.

Videografie und teilnehmende Beobachtung

Die Ergebnisse der Studie bestätigen wesentliche Aussagen der Lehrkräfte bezüglich der Lernschwierigkeiten im Bereich Sprache, im Erklären von Phänomenen mit Modellen und in der Hypothesenbildung. Zusätzlich konnten aber auch fachliche Unsicherheiten aufseiten der Lehrkräfte festgestellt werden.

Zwischenfazit

Die Ergebnisse der Vorstudie zeigen eine Reihe von Problembereichen auf, aus denen sich für die Bearbeitung des Themas unterschiedliche Perspektiven und Zugänge ergeben. Die Ergebnisse konnten in drei Bereiche eingeteilt werden, welche sich gegenseitig beeinflussen und bedingen. Aufseiten der Lernenden konnten Lernschwierigkeiten in der Sprache und der naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen herausgestellt werden (siehe Abb.1). Ziel der Hauptstudie ist es, diesen Defiziten zu begegnen und der folgenden Forschungsfrage

nachzugehen: *Auf welche Weise können Lernende mit Hörschädigung beim Beschreiben und Erklären chemischer Sachverhalte unterstützt werden?* Um die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler zu unterstützen, werden die Experimente zum Protokollieren in Bildleisten dargestellt. Die Unterstützung der Sprache kann dabei allerdings nicht unberücksichtigt bleiben. Die Lernenden werden weiterhin durch Hinweise auf Satzstrukturen, Satzanfänge oder ganze Sätze im Beschreiben von Beobachtungen und Vorgängen unterstützt. Mithilfe des Fachwortglossars kann das Einüben der Fachsprache auch durch das Beschriften der Abbildungen gefördert werden. Darüber hinaus könnten die Schülerinnen und Schüler die Vorgänge in Experimenten auf der Teilchenebene zeichnerisch darstellen. Die Lernenden werden dazu angeregt, Modelle zur Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene heranzuziehen und einen Wechsel in der Erklärungsebene vorzunehmen.

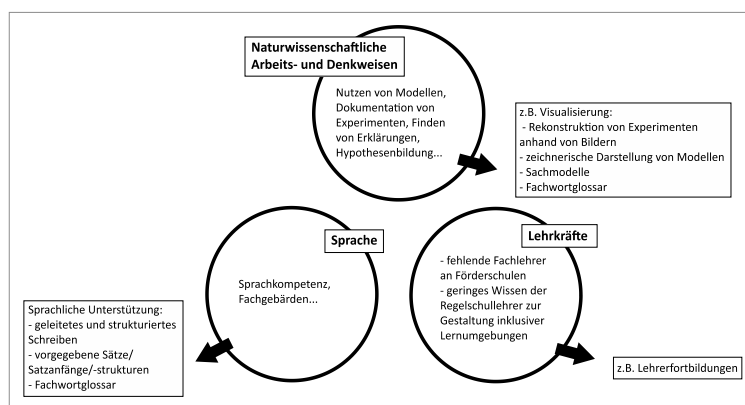


Abb. 1: Entwurf für ein Problemlösekonzept

Da sowohl die Qualität des Unterrichts als auch der Lernerfolg der Lernenden maßgeblich von der Kompetenz der Lehrkraft beeinflusst, ist es offensichtlich, dass nicht nur die Lernenden, sondern auch die Lehrenden Unterstützungshilfen benötigen. Die fachfremden Chemielehrkräfte an Förderschulen könnten hinsichtlich der Bereitstellung spezifischer Unterrichtsmaterialien entlastet werden. Fachkräfte von Regelschulen hingegen, die sich zunehmenden mit der Gestaltung inklusiver Lernumgebungen auseinandersetzen müssen, fehlt es meist an der sonderpädagogischen Ausbildung und dem Wissen über spezifische Lernschwierigkeiten und -voraussetzungen. Zur Unterstützung der Lehrkräfte könnten Fortbildungen angeboten werden. Diese Ideen sollen im Rahmen der Hauptuntersuchung weiterentwickelt werden.

Literatur

- Barke, H.-D., Harsch, G., Schmid, S. (2011). Essentials of Chemical Education. Berlin: Springer
- Flick, U. (2011). Triangulation: Eine Einführung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Knors, H., Marschark, M. (2012). Sprache, Kognition und Lernen – Herausforderungen an die Inklusion gehörloser und schwerhöriger Kinder. In M. Hintermair (Ed.), Inklusion und Hörschädigung – Diskurse über das Dazugehören und Ausgeschlossen sein im Kontext besonderer Wahrnehmungsbedingungen. Heidelberg: Median Verlag, 129-176
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Beltz: Weinheim, Basel.
- Mc Taggart, R. (1997). Participatory Action Research: International Contexts and Consequences. Albany: State University of New York Press
- Schmitt-Sody, B., Kometz, A. (2012). Experimentieren mit Förderschülern im NESSI-Lab. In S. Bernholt (Ed.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Berlin, Münster, 2012, 131-133
- Spencer, P.E., Marschark, M. (2010). Evidence-based practice in educating deaf and hard-of-hearing students. Oxford, New York: Oxford University Press
- United Nations (2006). UN-Convention on the Rights of Persons with Disabilities. <http://www.un.org/disabilities/convention/conventionfull.shtml> (Letzter Zugriff: 26.09.2012, 15:23 Uhr)

Naturwissenschaft am Förderzentrum

Das Ziel dieses empirischen Forschungsvorhabens ist die Förderung naturwissenschaftlicher Lernprozesse von Menschen mit Lernschwierigkeiten. Ein wesentlicher Aspekt des Projekts liegt somit darin, für diese Lernenden einen besseren Zugang zu naturwissenschaftlichen Phänomenen und Zusammenhängen zu ermöglichen. Im Rahmen einer Längsschnittstudie werden mittels Einzelfallanalysen in einer konstanten Gruppe Lernender mit Förderschwerpunkt geistige Entwicklung mentale Prozesse beim naturwissenschaftlichen Lernen untersucht. Dabei werden alltagsnahe Experimentiersets entwickelt und erprobt, denen ein visuelles Zeichensystem zugrunde liegt. Letzteres vereint Ideographie und Phonetik, um chemische Geräte und Versuchsabläufe zu beschreiben. Um die Dynamik des Lernprozesses zu erfassen, ergeben sich u.a. folgende Fragen: Welche der möglichen Lernwege wählt ein Schüler? Welche Lernangebote (Informationen) werden angenommen? Welche Lernergebnisse im kognitiven und handelnden Bereich ergeben sich? Wie sind visuelle Zeichensysteme zu gestalten, damit naturwissenschaftliche Lernprozesse angeregt werden?

Makroebene – Bildungspolitische Dimension

Das Projekt „Naturwissenschaft am Förderzentrum“ begegnet der vielfach auf bundespolitischer Ebene diskutierten Inklusionsdebatte mit der Entwicklung eines Schulcurriculums, das in seiner Anwendung die Dichotomie des Regel- und Sonderschulwesens aufzuheben versucht. Dabei legitimiert es die Idee, die als „schwierig“ wahrgenommenen Lernenden vor einer institutionellen Ausgrenzung zu bewahren und zielt gleichzeitig darauf ab, der auf ihrer Andersartigkeit beruhenden Aussonderungslogik entgegen zu arbeiten. Nach dem „Index für Inklusion“ (Hinz & Boban, 2003) gelten insbesondere der Abbau von Barrieren für das Lernen und die Teilhabe *aller* Schülerinnen und Schüler an allen schulischen Angeboten als motivationale Ausgangspunkte des Projekts. Aus einer statistischen Erhebung der KMK geht hervor, dass im Jahre 2010 bundesweit 486.564 Lernende mit sonderpädagogischem Förderbedarf unterrichtet wurden (Statistische Veröffentlichungen der KMK, 2012). Die Mehrzahl von Kindern und Jugendlichen mit sonderpädagogischem Bedarf fand sich außerhalb des allgemeinen Schulwesens in sonderschulischen Einrichtungen wieder. Die Kategorie „Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung“ (GE) zählte 78.277 Schüler und entsprach damit 16% des Förderbedarfs auf Bundesebene. Eine Lehrplansynopse der Lehrpläne und Richtlinien zu diesem Bereich zeigt, dass für Thüringen lediglich die Kernbereiche Natur und Sachwelt aufgeführt werden, ohne dass auf ausgewählte Inhalte oder naturwissenschaftliche Methoden hingewiesen wird. Hier setzt das vorgestellte Vorhaben an, um nach Themen, Arbeitsformen oder Erfahrungshintergründen eine differenzierte Lernförderung zu ermöglichen.

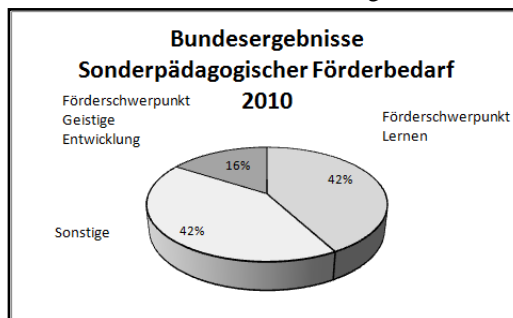


Abb. 1: Anteil des Förderschwerpunktes GE am bundesweiten sonderpäd. Förderbedarf

Forschungsdesign und Fragestellung

Am kooperierenden Förderzentrum Jena wurde über einen Zeitraum von zwei Jahren eine konstante Lerngruppe von acht Schülern im Rahmen eines wöchentlichen Neigungskurses begleitet. Dem qualitativen Ansatz der Aktionsforschung folgend, wurden in einem alltagsnahen, lebensweltlichen Setting naturwissenschaftliche Experimente durchgeführt und nach dem Prinzip der „Unterstützten Kommunikation“ in ausschließlich ikonischer Form aufbereitet. Um die Dynamik des Lernprozesses in Einzelfallanalysen zu charakterisieren, wurden empirische Daten unter Einsatz von Videoanalyse, Interview und Schülerzeichnungen gewonnen. Dabei dient die qualitative Inhaltsanalyse als Auswertungsinstrument der videografierten Einheiten bzw. der themengelenkten und halbstrukturierten Interviews. Die Schülerzeichnungen umfassen gezeichnete Bilder zu Präkonzepten, Interessenlagen und Lernergebnissen. Aus der Kombination der Erhebungsmethoden ergeben sich konvergierende, komplementäre oder divergente Teilergebnisse. So liefern beispielsweise die Interviews ergänzende Ergebnisse zur Kodierung der Videoanalyse. Im Gegensatz dazu unterscheiden sich die Zeichnungen teilweise in erheblichem Maße vom gesprochenen Wort in der Videoanalyse. Die erhaltenen Teilergebnisse wirken somit stets auf die Strukturierung der Lernsituation zurück.

Für das Projekt ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Welche (Denk-)Prozesse laufen beim Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten ab?
- Wie sind visuelle Zeichensysteme zu gestalten, damit naturwissenschaftliche (Denk-) Prozesse angeregt werden?
- Inwieweit können chemische Basiskonzepte ohne Bedeutungsverlust reduziert werden?

Lernangebote und erste Ergebnisse

Fünf von den Schülern selbst gewählte Themengebiete wurden in den Phasen der Pilot- und Hauptstudie entwickelt, erprobt und evaluiert. Dazu zählen:

- Feuer
- Waschen
- Farben
- Bunte Steine – Mineralogie
- Chemie in der Küche

Die Gestaltungskriterien der jeweiligen Begleitmaterialien in Form visueller Verstehenshilfen lassen sich in drei Prinzipien (Häußler, 2002) zusammenfassen: visuelle Organisation, visuelle Instruktion und visuelle Deutlichkeit. Im Einzelnen bedeutet das, dass die Symbole und Bilder der Versuchsanleitungen zur Handlung auffordern (*Affordance*) und die zur Bewältigung notwendigen Informationen sichtbar sein sollen (*Visibility*). Zudem gilt es eine Beziehung zwischen erforderlicher Handlung und zu erwartendem Ergebnis herzustellen (*Mapping*). Eine direkte und eindeutige Rückmeldung an den Schüler (*Feedback*) ist genauso notwendig wie ein größtmöglicher Grad an Fehlerreduzierung des Systems (*Error reducing*) (Svensk, 2001). Abb. 2 verdeutlicht am Beispiel eines Ausschnittes der Versuchsanleitung zur papierchromatografischen Trennung der Blattfarbstoffe die Umsetzung dieser Kriterien. Die Verbalisierung der ersten Schritte ergibt folgende Anweisungen: „Gib einige grüne Blätter in den Mörser! Überführe 10 ml Brennspritus in einen Messzylinder! Gieße den Brennspritus auf die Blätter im Mörser! Zerstoße mithilfe des Pistills die Blätter! usw.“ Die Nummerierung der Teilschritte, die Darstellung in Form eines mathematischen Gleichungssystems, die Visualisierung von Handlungsaufforderungen, chemischen Geräten und Materialien, Hinweise zur benötigten Zeit bzw. auf Gefahren und die Provokation einer Antwort in bildlicher Form auf die Warum-Frage am Ende in Form eines Fragezeichens werden als wesentliche Präsentationskriterien aus der empirischen Begleituntersuchung ermittelt.

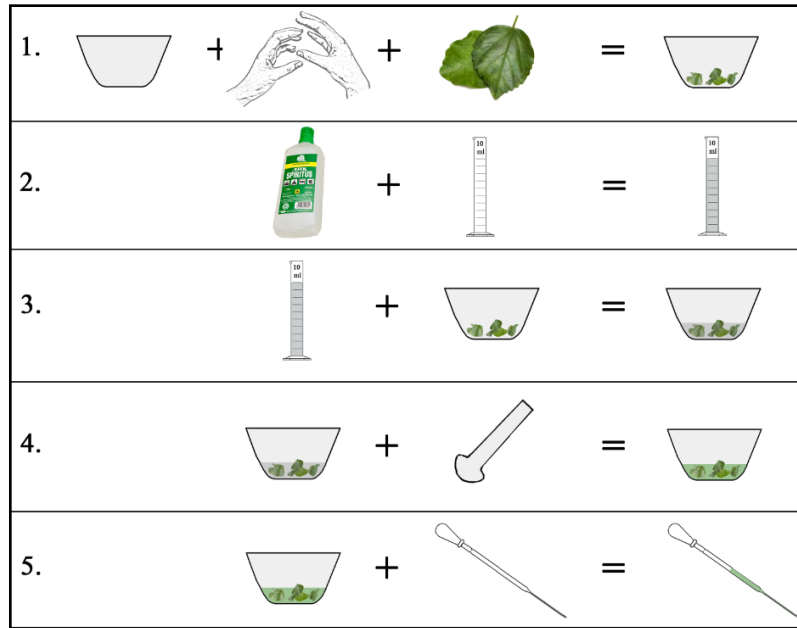


Abb. 2: Papierchromatografie der Blattfarbstoffe – Ausschnitt einer Versuchsanleitung

Zusammenfassung und Ausblick

Die entwickelten und erprobten Unterrichtsangebote des Schulcurriculums stellen als erste Stufe die Grundlage für die weitere lerntheoretische Beschreibung des Projekts dar. Hierfür werden individuelle Lernkarten angefertigt, die auf Basis des Transkriptionsmaterials mittels induktiver Kategorienbildung (qualitative Inhaltsanalyse) Aussagen über Lernwege zulassen. Ausgehend von Tiefe und Qualität individueller Denkstrukturen können die Zustände als Stationen des Lernweges und die Operationen als Übergänge von Zustand zu Zustand formuliert werden. Welche Ausprägungsgrade sich dabei beim jeweiligen Probanden ergeben bzw. in welchen Bereichen Besonderheiten auftreten, wird die weitere Analyse zeigen.

Literatur

- Häußler, A. (2002). Beispiele visueller Hilfen und Strukturierungsmöglichkeiten in der Förderung von Menschen mit Autismus. Praktische Ideen aus der Arbeit mit dem TEACCH Ansatz. Ergänzende Seminarunterlagen. Unveröffentlichtes Manuskript, Rüsselsheim 2002
- Hinz, A., Boban, I. (2003). Index für Inklusion. Lernen und Teilhabe in der Schule der Vielfalt entwickeln. Halle-Wittenberg: Martin-Luther-Universität
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Statistische Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz. Dokumentation Nr. 196 – Februar 2012 Sonderpädagogische Förderung in Schulen 2001 bis 2010. In http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Statistik/Dokumentation_SoPaeFoe_2010.pdf, am 04.03.2012
- Speck, O. (2005). Menschen mit geistiger Behinderung. Ein Lehrbuch zur Erziehung und Bildung. München: Ernst Reinhardt Verlag
- Svensk, A. (2001). Design for cognitive assistance. Licentiate Thesis CERTEC, LTH number 1:2001. In <http://www.english.certec.lth.se/doc/designforcognitive/designforcognitive.pdf>, am 27.05.2010

HarmoS-Projekt: Validitätsanalyse des large-scale Experimentiertests

Im Frühjahr 2008 wurde im Rahmen des HarmoS-Projekts in der deutsch- und französischsprachigen Schweiz mit rund 1400 Schülerinnen und Schülern der 6. und 9. Schulstufe ein Experimentiertest durchgeführt. Der Test umfasste 15 Experimentieraufgaben mit insgesamt 95 praktischen Items, von denen rund ein Drittel in beiden Schulstufen eingesetzt wurde. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiteten selbständig jeweils zwei Experimente mit Hilfe gedruckter Aufgabenstellungen, in die sie ihre Lösungen und Ergebnisse schriftlich protokollierten (vgl. Gut & Labudde, 2010).

Für die Testentwicklung wurde in Anlehnung an den TIMSS-Experimentiertest (Harmon et al., 1997) von einer eindimensionalen Experimentierkompetenz ausgegangen, die eine breite Vielfalt experimenteller Handlungen und Aufgabentypen umfasst und die gleichsam in biologischen, stofflich-chemischen, mechanischen und elektrischen Kontexten überprüft werden kann (Labudde, Metzger & Gut, 2009). Es wurde darauf geachtet, für die Unterrichtspraxis bedeutsame und im Sinne von Messick (1994) authentische Aufgaben zu entwickeln. Um den Test für tiefe Leistungsniveaus sensitiv zu machen, wurden die Experimentieraufgaben mehrfach in kleinen, leistungsschwachen Schülergruppen vorpilotiert und aufgrund der Ergebnisse vereinfacht (vgl. Solano-Flores & Shavelson, 1997). Hierbei wurden nicht nur die Komplexität der Probleme und die sprachlichen Anforderungen der Aufgabenstellung reduziert, sondern es wurden auch vermehrt geschlossene Antwortformate gewählt. Als Folge dieser Vorgehensweise resultierten in Bezug auf die Aufgabenstellungen und Kodierschemen stark heterogene Testaufgaben.

Fragestellung und Methode der Beantwortung

Wenn die Art und Weise, wie Aufgaben gestellt und Antworten eingeholt werden, die Aufgabenschwierigkeit beeinflusst, wie die Erfahrung der Testentwicklung gezeigt hat, drängt sich die Frage auf, welche Fähigkeiten und welches Wissen mit dem HarmoS-Experimentiertest tatsächlich gemessen wurden. Die Klärung der Testvalidität ist für die Interpretation der HarmoS-Ergebnisse unabdingbar. Ihr kommt aber auch in Bezug auf die Frage, wie experimentelle Kompetenz grundsätzlich gemessen werden kann, allgemeine Bedeutung zu. Aus diesen Gründen wurde die Validität des HarmoS-Experimentiertests im Rahmen eines Dissertationsprojekts analysiert (Gut, 2012). Einerseits wurde mittels Regressionsanalysen untersucht, inwieweit die Itemschwierigkeit mit Itemmerkmalen post hoc aufgeklärt werden kann. Hierfür wurde ein theoretisch fundierter, auf den HarmoS-Experimentiertest angepasster Merkmalkatalog entwickelt, wobei nicht nur formale Merkmale der gedruckten Aufgabenstellung und inhaltliche Merkmale der Problemstellungen, sondern auch Merkmale der Kodierschemen in die Betrachtung mit einbezogen wurden (Gut, Labudde & Ramseier, 2010). Andererseits wurden Rasch-basierte Dimensionsanalysen des Tests durchgeführt, die u. a. Auskunft über die Transferleistung der Schülerinnen und Schülern bezüglich der verschiedenen Kontexte geben.

Entwicklung des Merkmalkatalogs

Die Entwicklung des Merkmalkatalogs erfolgte anhand eines theoretischen Aufgabenmodells (siehe Abb. 1), welches verschiedene Aufgabenaspekte mit möglichem Einfluss auf die Itemschwierigkeit unterscheidet. In diesem Modell wird der Aufgabenlösungs- und Bewertungsprozess beim Testen in vier unabhängig voneinander gedachte Arbeitsschritte zerlegt, wobei die zwei Aspekte *⟨Aufgabe erfassen⟩* und *⟨Antwort geben⟩* mit kompetenz-

unspezifischen Schwierigkeiten wie Lese- und Schreibanforderungen und die zwei Aspekte *«Problem lösen»* und *«Lösung kodieren»* mit kompetenzspezifischen Schwierigkeiten in Beziehung gebracht werden. Entsprechend der Aufgabenschritte werden die Schwierigkeiten mit so genannten *kompetenzirrelevanten Itemmerkmalen* (formale Merkmale der Aufgabenstellung) bzw. mit *kompetenzrelevanten Itemmerkmalen* (inhaltliche Merkmale der Aufgabenstellung und des Kodierschemas) verknüpft. Die kompetenzrelevanten Itemmerkmale werden zudem einer der fünf allgemeinen Dimensionen für die Progression von Kompetenz, namentlich dem *Aufgabenumfang [A]*, der *Problemkomplexität [P]*, dem *Transferumfang [T]*, der *Prozessqualität [Q]* sowie der *Eigenständigkeit [E]*, zugeordnet (vgl. Abb. 1).

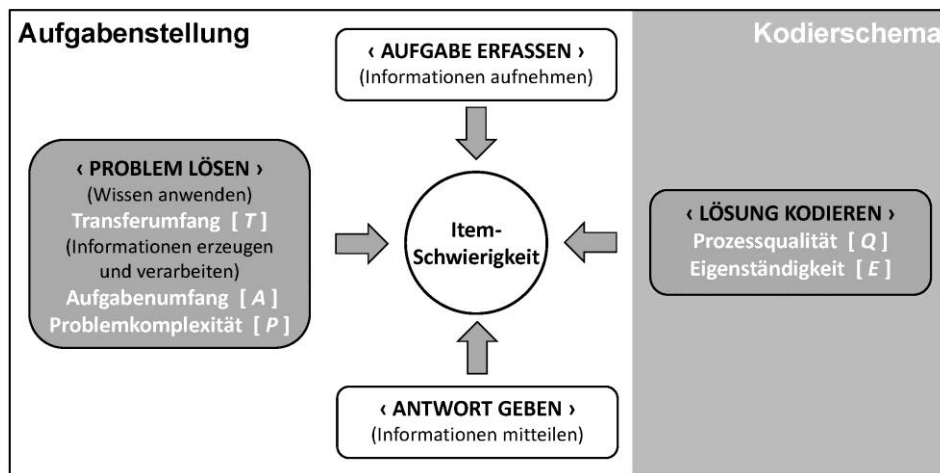


Abb. 1: Aufgabenmodell zur Differenzierung kompetenzrelevanter und kompetenzirrelevanter Itemmerkmale (Merkmale der Aufgabenstellung und des Kodierschemas)

Validitätsanalyse: Resultate

Die Untersuchung der Testvalidität wurde, wie bereits erwähnt, in zwei Schritten durchgeführt. In einem ersten Schritt konnte anhand des auf die deutschsprachigen Testaufgaben reduzierten Teiltests mittels multipler Regressionsanalysen gezeigt werden, dass bis zu 44% der Varianz der Itemschwierigkeit mit maximal 12 Itemmerkmalen aufgeklärt werden kann (siehe Abb. 2). Die Ergebnisse legen nahe, dass der HarmoS-Experimentiertest zu einem erheblichen Teil kompetenzirrelevante Aspekte misst, da die Itemschwierigkeit durch mehrere solche Merkmale beeinflusst wird. In Bezug auf kompetenzrelevante Aspekte reagiert der Test lediglich auf die *Prozessqualität* sensitiv. Der *Aufgabenumfang* als isoliertes Itemmerkmal hat keinen Einfluss auf die Itemschwierigkeit. Die *Problemkomplexität* wird vom Test nicht erfasst, was auf die starke Heterogenität des Tests bezüglich der Aufgabentypen zurückgeführt werden kann.

In einem zweiten Schritt zeigen Rasch-basierte Dimensionsanalysen des Experimentiertests, dass zwischen den Aufgaben mit mechanischen oder elektrischen Kontexten und den Aufgaben mit biologischen oder chemisch-stofflichen Kontexten wenig *Transfer* stattfindet. Die Vermutung, dass die „physikalischen“ Aufgaben im Gegensatz zu den „nicht-physikalischen Aufgaben“ eher schulische Kontexte betreffen und schulisches Vorwissen ansprechen, wird durch die Tatsache untermauert, dass nur bei den „physikalischen“ Aufgaben eine signifikante Leistungssteigerung zwischen der 6. und 9. Schulstufe stattfindet. Im Gegensatz dazu wird bei den „nicht-physikalischen“ Aufgaben kein Performancezuwachs gemessen.

kompetenzirrelevante Itemmerkmale		kompetenzrelevante Itemmerkmale	
⟨Aufgabe erfassen⟩	⟨Antwort geben⟩	⟨Problem lösen⟩	⟨Lösung kodieren⟩
SPRACHE ▪ Formatvielfalt	LÜCKENFORMATE ▪ leere Fläche ▪ leere Zeilen ▪ Abbildungen	PROBLEM	KORREKTHEIT ▪ Messtechnik / Praktisches
INHALT INPUT ▪ Abbildung	FÜLLFORMATE ▪ benennen ▪ markieren	LÖSUNG	QUALITÄT ▪ Präzision (Messung)
BESCHREIBUNG	BESCHREIBUNG ▪ gesuchte Antwort	MANIPULATIONEN	VOLLSTÄNDIGKEIT ▪ Lücken ▪ Spezifikationen

Abb. 2: Katalog schwierigkeitsrelevanter Itemmerkmale (fett)

Diskussion

Die Validitätsanalyse deckt einerseits spezifische Mängel des HarmoS-Experimentiertests auf. Dazu zählt das Resultat, dass der Test bezüglich der Problemkomplexität nicht sensitiv ist. Die Annahme liegt nahe, dass mit einer stärkeren Fokussierung auf bestimmte Aufgabentypen wie beispielsweise kriteriengeleitetes Beobachten oder effektbasiertes Vergleichen dieser Mängel teilweise behoben werden kann (vgl. Ruiz-Primo & Shavelson, 1996). Andererseits zeigt die Analyse grundsätzliche Schwierigkeiten dieser Testart als Messinstrument experimenteller Kompetenz auf. Diese sind u. a. die Abhängigkeit der Testleistung von schulischem Vorwissen und kompetenzirrelevanten Lese- und Schreibfähigkeiten.

Literatur

- Gut, C. (2012). Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. Analyse eines large-scale Experimentiertests. Berlin: Logos Verlag
- Gut, C. & Labudde, P. (2010). Assessment of students' practical performance in science: The Swiss HarmoS project. In G. Çakmaki & M. Taşar (Hrsg.), Contemporary science education research: Learning and assessment, ESERA Proceedings 2009. Istanbul: Pegem Akademi, 295-298
- Gut, C., Labudde, P. & Ramseier, E. (2010). Large-scale Experimentiertests: Ansätze zur Analyse von Itemschwierigkeiten. In D. Höttecke (Hrsg.), Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Münster: LIT Verlag, 245-247
- Harmon, M., Smith, T.A., Martin, M. O., Kelly, D. L. ... & Orpwood, G. (1997). Performance assessment in IEA's Third International Mathematics and Science Study. Chestnut Hill: Boston College
- Labudde, P., Metzger, S. & Gut, C. (2009). Bildungsstandards: Validierung des Schweizer Kompetenzmodells. In D. Höttecke (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Münster: LIT Verlag, 307-317
- Messick, S. (1994). The interplay of evidence and consequences in the validation of performance assessment. Educational Researcher, 23 (2), 13-23
- Prenzel, M., Häussler, P., Rost, J. & Senkbeil, M. (2002). Der PISA-Naturwissenschaftstest: Lassen sich die Aufgabenschwierigkeiten vorhersagen? Unterrichtswissenschaft, 30 (1), 120-135
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996). Rhetoric and reality in science performance assessments: An update. Journal of Research in Science Teaching, 33 (10), 1045-1063
- Solano-Flores, G. & Shavelson, R.J. (1997). Development of performance assessments in science: Conceptual, practical, and logistical issues. Educational Measurement: Issues and Practice, 16 (3), 16-25

Nico Schreiber¹
 Heike Theyßen¹
 Horst Schecker²

¹Universität Duisburg-Essen
²Universität Bremen

Messung experimenteller Kompetenz auf Populationsebene

Ziel und Fragestellungen

Das Ziel des Vorhabens „Diagnostik experimenteller Kompetenz“ („eXkomp“)¹ war es, technologiegestützte Testverfahren für eine prozessorientierte Messung experimenteller Kompetenz zu entwickeln und zu validieren (Schreiber, Theyßen & Schecker, 2009). Als Alternative zu kosten- und durchführungsaufwändigen Tests mit Realexperimenten wurden online präsentierte schriftliche Tests und Tests mit einem Computersimulationsbaukasten untersucht. Tests mit Realexperimenten wurden als Benchmark für die Validierung der beiden alternativen Verfahren gesetzt. Für den Vergleich auf Populationsebene wurden die Verteilungen der Schülerleistungen aus den verschiedenen Testverfahren verglichen. Die Forschungsfragen lauteten (Schreiber, 2012):

F1: Unterscheiden sich die Verteilungen der Schülerleistungen bei einem Test mit einem Realexperiment signifikant von den Verteilungen der Schülerleistungen bei einem schriftlichen Test? (Erwartet wurde, dass signifikante Unterschiede bestehen.)

F2: Unterscheiden sich die Verteilungen der Schülerleistungen bei einem Test mit einem Realexperiment signifikant von den Verteilungen der Schülerleistungen bei einem Test mit einem Computersimulationsbaukasten? (Erwartet wurde, dass keine signifikanten Unterschiede bestehen.)

Das Signifikanzniveau wurde bei 5% festgelegt.

Design der Hauptstudie

In der Hauptstudie bearbeiteten 142 Bremer OberstufenschülerInnen nach einem Vortest und einer Trainingsphase im Kreuzdesign zwei experimentelle Aufgabenstellungen (Abb. 1). Die SchülerInnen bearbeiten eine Aufgabenstellung mit dem Realexperiment und die andere mit dem schriftlichen Test oder dem Computersimulationsbaukasten (zu Aufgabenstellungen und Auswertungsverfahren siehe Schreiber, Theyßen & Schecker, 2011). Beide Aufgabenstellungen erfordern i.W. Stromstärke- und Spannungsmessungen in einfachen elektrischen Stromkreisen. Eine theoriebasierte Analyse der Anforderungen der Aufgabenstellungen sowie der empirische post-hoc Vergleich der erzielten Schülerleistungen zeigen, dass beide Aufgabenstellungen vergleichbar hinsichtlich der fachlichen Anforderungen und der Schwierigkeit sind. Ebenso sind auf Basis der Vortestergebnisse (kognitive Fähigkeiten, Vorwissen, Selbstkonzept) keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Gruppen festzustellen (Schreiber, 2012). Die folgenden Analysen differenzieren daher nicht nach der Aufgabenstellung und der Gruppenzugehörigkeit. Die Gruppen eins und zwei (Abb. 1)

45 min	Vortest (Erhebung kognitiver Parameter) N=257			
40 min	Training: Einführung in die Testverfahren (N=142)			
	Tests experimenteller Kompetenz			
	Gruppe 1 (N=36)	Gruppe 2 (N=35)	Gruppe 3 (N=35)	Gruppe 4 (N=36)
30 min	real Aufgabe 1	schriftlich Aufgabe 1	real Aufgabe 1	Simulation Aufgabe 1
30 min	schriftlich Aufgabe 2	real Aufgabe 2	Simulation Aufgabe 2	real Aufgabe 2

Inhalte der Aufgaben 1 und 2: E-Lehre der Mittelstufe.

Abb. 1: Design der Hauptstudie

¹ Das Vorhaben wurde von der DFG gefördert.

bilden die *Stichprobe schriftlicher Test*, die Gruppen drei und vier die *Stichprobe Computersimulationsbaukasten*.

Fehlende Datensätze und selektierte Stichproben

Die Aufgabenstellungen verlangten, dass die SchülerInnen ein zur Bearbeitung der Fragestellung (z. B. Vergleich dreier Glühlampen hinsichtlich ihrer Leistung) geeignetes Experiment planen, den Versuch aufbauen, Messungen durchführen, diese dokumentieren und auswerten. Diese verschiedenen Phasen des experimentellen Prozesses wurden separat beurteilt, indem den Schülerhandlungen Gütestufen zugeordnet wurden (Handlungssequenzanalyse; vgl. Schreiber, Theyßen & Schecker, 2011). Bei den Tests mit dem Realexperiment und dem Computersimulationsbaukasten erhielten die SchülerInnen keine Zwischenlösungen. SchülerInnen, die keinen Aufbau abschlossen, erhielten hierfür und ebenso für Messung, Lösung und Begründung keine Beurteilung mehr. Tabelle 1 zeigt die Abbrecherzahlen bei den verschiedenen Testverfahren.

Der Ursache für die hohen Abbrecherzahlen beim Test mit dem Computersimulationsbaukasten ist noch nachzugehen. Für die Beantwortung der Forschungsfragen ergab sich die Notwendigkeit, mit selektierten Stichproben zu arbeiten. SchülerInnen, die für eine Phase des experimentellen Prozesses keine Beurteilung erhalten hatten, konnten nicht in den weiteren Vergleich eingehen. Die folgenden Analysen griffen deshalb jeweils auf die Stichprobe zurück, die in beiden zu vergleichenden Testverfahren die zu beurteilende Phase abgeschlossen hatte. Somit variieren die Stichprobengrößen zwischen 29 und 71 SchülerInnen. Eine Überprüfung der Vortestergebnisse ergab, dass die selektierten Stichproben der jeweiligen Gesamtstichprobe entstammten (Schreiber, 2012).

	Schriftlicher Test	Real-experiment	Simulationsbaukasten
Gesamtstichprobe	71	142	71
Fragestellung klären	0	0	8
Versuchsplan entwerfen	1	0	7
Aufbauphase	0	8	19
Messphase	0	17	33
Lösung	0	17	33
Begründung	0	22	39

Tab. 1: Anzahl der SchülerInnen, die eine Phase des experimentellen Prozesses nicht abgeschlossen haben.

Vergleich auf Populationsebene - Ergebnisse für die *Stichprobe schriftlicher Test*

Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Verteilungen der Schülerleistungen in der Aufbauphase für die *Stichprobe schriftlicher Test*. Auf der Abszisse sind die fünf Gütestufen aufgetragen, die die SchülerInnen erreichen konnten (zur Auswertungsmethode s. Schreiber, Theyßen & Schecker, 2011). Gütestufe 5 stellt die höchste Gütestufe dar. Gütestufe 3 und 4 konnten beim schriftlichen Test nicht erreicht werden. Der Anteil der SchülerInnen, die eine Gütestufe erreichten, ist auf der Ordinate aufgetragen. Die Verteilungen der Schülerleistungen aus dem Test mit einem Realexpe-

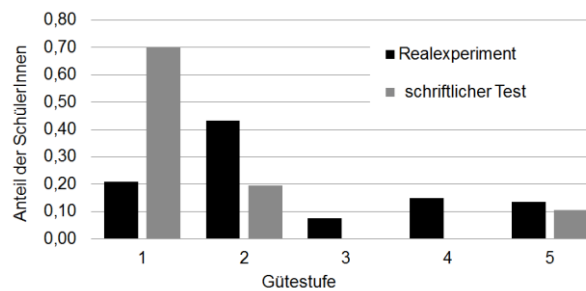


Abb. 2: Verteilungen der Schülerleistungen bei der Aufbauphase im Test mit einem Realexperiment und im schriftlichen Test

riment und dem schriftlichen Test unterscheiden sich augenscheinlich stark. Das Ergebnis des Kolmogorov-Smirnov-Test im Zweistichprobenproblem ($p = 0,000$) bestätigt einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den Verteilungen. Dies liegt nicht etwa daran, dass die Gütestufen 3 und 4 im schriftlichen Test nicht erreicht werden können, sondern ist auf den hohen Anteil der SchülerInnen zurückzuführen, die im schriftlichen Test nur die niedrigste Gütestufe 1 erreichten. Offenbar erschwert die fehlende Rückkopplung durch die Interaktion mit dem Material den erfolgreichen „Aufbau“ (mit Papier und Bleistift) beim schriftlichen Test erheblich gegenüber dem Aufbau beim Realexperiment. Insgesamt unterscheiden sich in vier von acht Beurteilungskategorien die Schülerleistungen zwischen dem Test mit dem Realexperiment und dem schriftlichen Test signifikant voneinander. Dies gilt insbesondere für wesentliche Komponenten der Durchführung, wie den Aufbau und die Parameterkontrolle bei der Messung (Schreiber, 2012). Forschungsfrage 1 kann damit wie erwartet bejaht werden.

Vergleich auf Populationsebene - Ergebnisse für die Stichprobe Computersimulationsbaukasten

Abbildung 3 sind exemplarisch die Verteilungen der Schülerleistungen aus Tests mit einem Realexperiment und einem Computersimulationsbaukasten für die Aufbauphase zu entnehmen. Der Kolmogorov-Smirnov-Test bestätigt ($p = 1,000$), dass sich beide Verteilungen nicht signifikant voneinander unterscheiden. Dies gilt für sämtliche Beurteilungskategorien. Forschungsfrage 2 kann damit wie erwartet verneint werden.

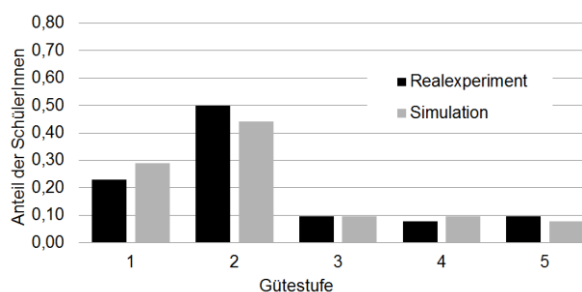


Abb. 3: Verteilung der Schülerleistungen bei der Aufbauphase im Test mit einem Realexperiment und einem Computersimulationsbaukasten

Diskussion

Der schriftliche Test substituiert besonders im Hinblick auf wesentliche Komponenten der Durchführung einen Test mit einem Realexperiment nicht. Dagegen gelingt eine konvergente Validierung des Tests mit einem Computersimulationsbaukasten auf Populationsebene. Im Zusammenhang mit hier nicht berichteten Analysen zur Inhalts- und Diskriminanzvalidität (Schreiber, 2012) deuten die Ergebnisse darauf hin, dass Tests mit einem Computersimulationsbaukasten Tests mit einem Realexperiment bei Vergleichen auf Populationsebene substituieren können. Die hohen Abbrecherzahlen schränken diese Aussage ein. Eine Diagnostik, bei der Zwischenlösungen eingeblendet werden, könnte dieses testmethodische Problem lösen. Die Ergebnisse der vorliegenden explorativen Laborstudie beruhen auf nur zwei Aufgabenstellungen und einer begrenzten Stichprobe. Eine Überprüfung der Eignung von Tests mit einem Computersimulationsbaukasten in Large-Scale-Assessments mit mehreren verschiedenen Aufgabenstellungen und höheren Probandenzahlen ist Thema einer Folgestudie.

Literatur

- Schreiber, N., Theyßen, H., Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?!. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 3/8, 92-101
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2011). Auswertungsmethodik im Projekt „Diagnostik experimenteller Kompetenz“. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2011
- Schreiber, N. (2012). Diagnostik experimenteller Kompetenz: Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells. Dissertation Universität Duisburg-Essen

Authentizität im Chemieunterricht - Wegbereitung in der Lehrerbildung

Einleitung

Authentizität ist im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktiken mit verschiedenen Bedeutungen besetzt. Das vorgestellte Projekt bezieht sich auf die Gestaltung authentischer Lernumgebungen, die widerspiegeln, wie Chemie als Naturwissenschaft funktioniert. Dabei sollen nicht nur Experimente (im Sinne eines ‚inquiry-based learning‘; Bell, Smetana & Binns, 2005) von Schülern selbst durchgeführt, sondern ebenfalls explizit Chemie als Naturwissenschaft thematisiert und reflektiert werden (McComas, 1998; Schummer, 2010), da Experimentieren alleine kein Wissen über Chemie bedingt (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Eines der Hauptziele des Naturwissenschaftsunterrichts ist die Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung für Schüler, bei der u. a. die Bedeutung der Kenntnis über naturwissenschaftliche Prozesse zur Gewinnung von Wissen als auch das Verständnis für die Natur der Naturwissenschaften als menschliche Aktivität herausgestellt wird (OECD, 2003). Die Zielvorgabe einer naturwissenschaftlichen Grundbildung findet sich ebenfalls bei der Formulierung der Bildungsstandards in Deutschland (KMK, 2005). Dies spiegelt sich wider in den vier Kompetenzbereichen. Schüler sollen beispielsweise befähigt werden, eigene Untersuchungen zu planen, Daten zu analysieren und dies zu kommunizieren. Dabei sollen sie einen Eindruck von charakteristischen Denk- und Vorgehensweisen der Chemie erhalten (Parchmann & Kaufmann, 2006). Authentische Lernumgebungen, in denen solche Aspekte explizit thematisiert und reflektiert werden, stellen eine Möglichkeit dar, diese Zielvorgaben und die Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zu unterstützen (Khishfe, 2008).

Angesichts der Frage, ob und inwieweit angehende Lehrkräfte in der Lage sind, solche Lernumgebungen zu gestalten, ist das langfristige Ziel des Projektes die Konzeption eines Moduls für die Chemielehrerbildung an der Hochschule. Ausgehend von der Überlegung, dass die Vorstellungen der Lehrer zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für die Umsetzung dieser Vorstellungen in die Unterrichtspraxis darstellen (Lederman, 1992), basiert das Modul auf zwei Leitgedanken: Die Studierenden sollen zum einen zur Reflexion über ihre Vorstellungen von Chemie angeregt werden, zum anderen Unterstützung und Möglichkeit zur praktischen Umsetzung dieser (veränderten) Vorstellungen in konkreten Unterrichtssituationen erhalten. Zur Ermittlung geeigneter Inhalte und Rahmenbedingungen für das Modul werden verschiedene Kurselemente erprobt und evaluiert. Es soll ein Teil des Projekts vorgestellt werden, der die folgenden Forschungsfragen adressiert:

- Wie entwickeln sich Prä-Vorstellungen, die Lehramtsstudierende davon besitzen, wie Chemie als Naturwissenschaft funktioniert?
- Welche Ideen und Probleme haben Lehramtsstudierende, wenn sie ihre Vorstellungen in eine Lernumgebung umsetzen?

Projekt „Fachwissenschaft trifft Fachdidaktik“

Das Fachdidaktik-Seminar „Fachwissenschaft trifft Fachdidaktik“ fand im Wintersemester 2010/2011 statt und richtete sich an Lehramtsstudierende der Chemie im Hauptstudium. Von den 19 Kursteilnehmern beteiligten sich 13 an der vorliegenden Studie. In der ersten Semesterhälfte wurde Literatur zu verschiedenen Aspekten von chemischer Forschung diskutiert. Des Weiteren fanden drei Vorträge von Fachchemikern für die Seminarteilnehmer statt, in denen die Wissenschaftler neuste Ergebnisse aus ihrem Fachgebiet vorstellten sowie einen Eindruck über den Alltag eines Chemikers vermittelten. Dieser Kursabschnitt sollte

die Studierenden zur Diskussion und Reflexion über ihre Prä-Vorstellungen anregen. Als Resultat formulierten die Studierenden Kriterien von authentischer Chemie. In der zweiten Semesterhälfte planten die Teilnehmer einen Schülerexperimentiertag (kurz SET). Am Ende des Semesters kamen zwei Schulklassen für je einen Tag in ein Labor der Universität, um verschiedene Experimente zu einem bestimmten Thema durchzuführen. Dabei wurden sie von den Kursteilnehmern unterstützt. Mit diesem Kursabschnitt sollten die Studierenden die von ihnen aufgestellten Kriterien in eine praktische Aktivität für Schüler transformieren.

Erhebungsinstrumente

Vor Beginn des Kurses füllten die Studierenden einen offenen Fragebogen über Charakteristika von Chemie und chemischer Forschung aus. Während des Semesters arbeiteten die Teilnehmer an einem Portfolio, dessen Prozesshaftigkeit nicht nur einen Prä-Post-Vergleich der Vorstellungen ermöglicht, sondern auch einen Einblick in die Entwicklung der Veränderungen sowie den Einfluss der verschiedenen Kurselemente geben kann. Ungefähr 2 Monate nach Ende des Kurses fanden halbstrukturierte Leitfadenterviews mit jedem Teilnehmer statt. Diese Interviews folgten einem ähnlichen Aufbau, orientierten sich aber ebenfalls an den jeweiligen Portfolios, so dass unklare Punkte besprochen und interessante Aspekte vertieft werden konnten.

Analyse

Die Fragebögen, Portfolios und transkribierten Interviews wurden mit der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2008) ausgewertet. Im Sinne einer induktiven Kategorienbildung wurde auf Grundlage des vorliegenden Materials und geleitet durch den theoretischen Hintergrund ein Kategoriensystem erstellt. Das Material wurde mehrfach durchgearbeitet und nach jeder Runde das Kategoriensystem im Forscherteam diskutiert. Nach der Erstellung von Einzelprofilen diente der Vergleich der Beantwortung der Fragestellung. Zur Absicherung der abgeleiteten Ergebnisse wurden zusätzlich Feldnotizen sowie das von den Studierenden erstellte Material für den SET herangezogen.

Ergebnisse

Die häufigsten Prä-Vorstellungen der Studierenden bezogen sich auf die Durchführung von Experimenten, Entdeckungen und Fortschritt. Im Laufe des Semesters trat bei allen Teilnehmern eine Veränderung des ursprünglichen Bildes im Sinne einer Erweiterung, Konkretisierung oder Korrektur auf.



Abb. 1: Prä-Vorstellungen (Kasten innen) und Post-Vorstellungen (außen), Zahlen in Klammern = Anzahl der Teilnehmer, die diesen Aspekten genannt haben

Die genannten Post-Vorstellungen (siehe Abb. 1) lassen sich fünf Kategorien zuordnen: Arbeitsweise, Epistemologie, Forschercharakter, Ziele von Chemie und Einflussfaktoren. Die Prä-Vorstellung, dass Entdeckungen chemische Forschung auszeichnen, wurde erweitert

durch „die Erkenntnis, dass den Chemiker zwei wichtige Komponenten ausmachen: das Entdecken und das Erschaffen“ (Portfolio RA). Den Studierenden wurde die Bedeutsamkeit der Synthese innerhalb der Chemie bewusst. Besonders durch die Vorträge lernten die Teilnehmer Aspekte von Chemie kennen, die über Denk- und Arbeitsweisen hinausgehen, beispielsweise den ‚menschlichen‘ Aspekt in Forschung sowie Einflussfaktoren. So schrieb eine Person, dass Forschung „von der persönlichen Motivation und dem Durchhaltevermögen abhängig [ist] wie aber auch von finanziellen Mitteln und institutionellen Rahmenbedingung“ (Portfolio KA).

Der SET wurde von den Studierenden als Stationenlernen geplant. Bei allen Stationen wurde als Beginn ein Problem aufgeworfen, das die Schüler lösen mussten, wobei der Weg jeweils differierte. Des Weiteren unterschied sich das Niveau, mit dem Schüler aufgefordert wurden, explizit über die Schritte zur Lösung zu reflektieren. Bei einer Station sollten beispielsweise Hypothesen aufgestellt und experimentell überprüft werden unter Berücksichtigung von Gefahreinschätzung für die Umwelt. Bei einer anderen Gruppe wurden die Schüler angeregt, über den Einfluss des Beobachters auf die Beobachtung zu reflektieren sowie auf Grundlage des gewonnenen Wissens ein eigenes Experiment zu planen. Schwierigkeiten, die die Studierenden während der Planung erfahren haben (Transformationswege der Kriterien, Erstellen und Realisierbarkeit von Experimenten, Erstellen des Lernmaterials), können auf zwei verschiedene Ursachen zurückgeführt werden: zum einen auf einen Mangel an Erfahrung im Unterrichten und zum anderen mangelnde Vertrautheit mit Ansätzen von ‚inquiry-based learning‘, die in einem Interview besonders deutlich wurde: „wir [bekommen] die Versuchsbeschreibungen und wir müssen das einfach durchführen“ (Interview NA), also im Sinne klassischer ‚Kochbuch-Experimente‘.

Ausblick

Für die Studierenden stellte dieser Kurs die erste Gelegenheit während des Studiums dar, die Vorstellungen darüber, wie Chemie als Naturwissenschaft funktioniert, zu reflektieren. Diese Reflexion konnte durch den Kurs angeregt werden, die Post-Vorstellungen sind elaborierter und breiter gefächert. Bei der Umsetzung in eine praktische Aktivität für Schüler konnten einige Aspekte erfolgreich eingebaut werden, allerdings traten ebenfalls Schwierigkeiten mit verschiedenen Ursachen auf. Aus diesem Grund werden im weiteren Verlauf des Projekts Erfahrungen mit und Reflexion von Experimenten, die im Sinne eines ‚inquiry-based learning‘ gestaltet sind, fokussiert. Dies soll weitere Hinweise zu möglichen Kurselementen für die Gestaltung des Moduls liefern.

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
- Bell, R.L., Smetana, L., Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. *The Science Teacher*, 72 (7), 30-33
- Khishfe, R. (2008). The Development of Seventh Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (4), 470-496
- KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Neuwied: Luchterhand
- 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 (4), 331-359
- Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz
- McComas, W. F. (1998). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer Acad. Publications
- OECD (2003). *The PISA 2003 assessment framework. mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills*. Paris: OECD Publications
- Parchmann, I., & Kaufmann, H. (2006). Kompetenzen entwickeln: Wie Bildungsstandards zu einer Chance für Schulentwicklung werden können. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 17 (94/95), 4-9
- Schummer, J. (2010). Philosophy of Chemistry. In F. Allhoff (Hrsg.), *Philosophies of the Sciences. A Guide*. Malden: Wiley-Blackwell, 163-183

Scaffolding Inquiry-Based Learning in Remotely Controlled Laboratories

Einleitung

Damit Schülerinnen und Schüler eigenständig spektrometrische Untersuchungen durchführen und auswerten können, wurde ein über das Internet ferngesteuertes Spektrometer entwickelt (Abb. 1). Verschiedene Leuchtmittel können ausgewählt werden. Über einen Lichtleiter wird das abgestrahlte Licht in ein Spektrometer eingekoppelt. Der Eingang des Lichtleiters kann in einer Ebene verschoben und gedreht werden. Untersuchungsziele, die mit diesem Experiment verfolgt werden können, beginnen schon bei rein qualitativen Betrachtungen mit der Beurteilung der Farbtöne verschiedener Leuchtmittel. In quantitativen Untersuchungen können die Spektren diverser Lichtquellen gemessen, verglichen und bewertet werden. Ziel des Experiments ist zudem die Analyse der Abstrahlcharakteristiken verschiedener Leuchtmittel.

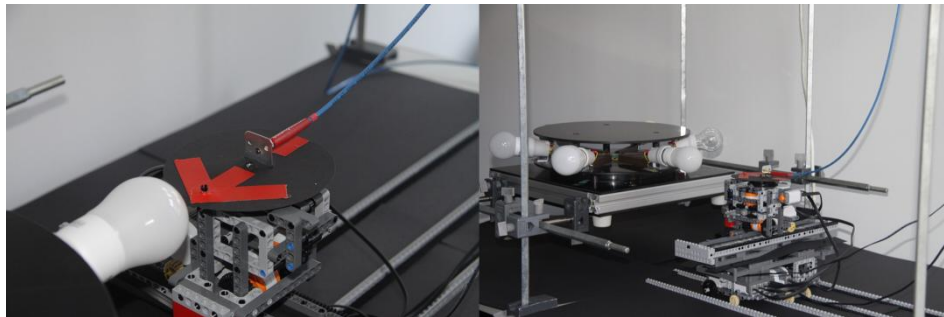


Abb. 1: Versuchsaufbau. Prototyp, realisiert mit LEGO Mindstorms.

Remotely Controlled Laboratories sind eine sinnvolle Ergänzung zu Realexperimenten, interaktiven Bildschirmexperimenten, Animationen und Simulationen, wenn...

- der Aufbau besonders schwierig, langwierig oder teuer ist,
- die Durchführung besondere Gefahren birgt,
- die Anzahl veränderlicher Parameter so groß ist, dass ein Versuch nicht als interaktives Bildschirmexperiment umgesetzt werden kann,
- die Durchführung besondere Hilfestellungen erfordert, was insbesondere auch von speziellem Interesse für die Lehr-Lern-Forschung ist.

Weiterhin ermöglichen Remotely Controlled Laboratories die selbstverantwortliche, aktive und zugleich gefahrlose Durchführung von Demonstrationsexperimenten durch Lernende. Hier können Schülerinnen und Schüler die Versuchsdurchführung von anderen Lernenden beobachten und aus deren Erfolgen und Fehlern lernen. Ein weiterer Vorteil von Remotely Controlled Laboratories ist die Möglichkeit, reale messfehlerbehaftete Daten in Echtzeit aufzunehmen. Von großem Nutzen für die Lehr-Lern-Forschung ist, dass sämtliche Handlungen der aktiven Nutzer unmittelbar registriert und evaluiert werden können. Dies geschieht „rückwirkungsfrei“, d. h., dass die Aktivitäten der Nutzer in keiner Weise gestört werden.

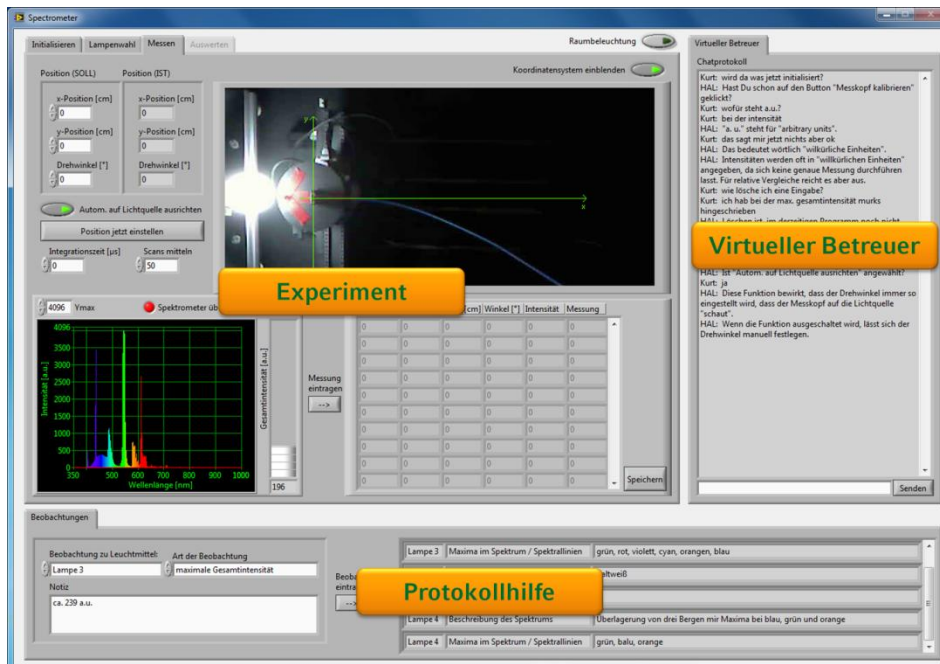


Abb. 2: Bedienoberfläche mit Steuerung, Chatfenster und Protokollhilfe.

Pilotierung

In einer Voruntersuchung haben 9 Studierende (Physik für das Lehramt an Gymnasien im 5. Semester) und 4 Graduierte (1 fachfremd, 1 Nebenfach, 2 Hauptfach) einen Versuch teilweise durchgeführt. Dabei sollten sie die Spektren von fünf verschiedenen Leuchtmitteln untersuchen und vergleichen, Farbtöne und Farbstiche beurteilen, die Leuchtmittel bezüglich verschiedener Einsatzzwecke bewerten und ein Leuchtmittel zur Arbeitsplatzbeleuchtung auswählen. Zuletzt sollte untersucht werden, ob mit dem jeweils ausgewählten Leuchtmittel ein DIN A4 Blatt in Entfernungen von 25 cm und 50 cm noch ausreichend ausgeleuchtet wird. Während der Versuchsdurchführung konnten die Probanden in einem Chat mit einem „Virtuellen Betreuer“ kommunizieren, der jeweils passende Hilfestellungen gab. Die Betreuung erfolgte durch eine Lehrkraft, die über das Internet mit den Probanden verbunden war.

Kategorienbildung

Die Kommunikation der Probanden mit dem Virtuellen Betreuer wurde protokolliert. Im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse wurde ein theoriegeleitetes Kategoriensystem induktiv erweitert (nach Mayring, 2010). Die Ausgangskategorien basierten einerseits auf vier Schwierigkeitsbereichen, denen Lernenden während des entdeckenden Lernens begegnen können (de Jong & van Joolingen, 1998), andererseits auf den möglichen Unterstützungsmaßnahmen, die den genannten Schwierigkeiten entgegenwirken sollen (Zhang et al., 2004; Fund, 2007). Berücksichtigt wurden konkret die folgenden Kategorien: Erstens bereitet das Aufstellen von Hypothesen besondere Schwierigkeiten (hypothesis generation); zweitens gelingt die Planung einer experimentellen Untersuchung nur selten in zufriedenstellender Weise (design of experiments); drittens fällt es schwer, Messdaten zu interpretieren (interpretation of data); und schließlich erfordert entdeckendes Lernen ein hohes Maß an Selbstregulierung (regulation of discovery learning).

Die Unterstützungsmaßnahmen nach Zhang et al. (2004) sind interpretative Hilfestellungen (interpretative support), die den Zugang zu ergänzendem Wissen ermöglichen, Vorwissen aktivieren, bei der generellen Problemanalyse helfen, das Aufstellen geeigneter Hypothesen unterstützen und tiefergehendes Verständnis fördern. Außerdem sollen experimentelle Hilfestellungen (experimental support) wissenschaftliches Untersuchungsdesign erläutern, eine isolierende Variablenkontrolle fördern und beim Treffen von Vorhersagen, bei Beobachtungen, bei Ergebnisvergleichen und beim Folgern nachvollziehbarer Schlüsse unterstützen. Von großer Bedeutung für erforschendes Lernen sind Hilfestellungen, die zur Selbstreflexion anregen (reflective support).

Fund (2007) untersuchte Hilfestellungen, die von typischen Lehrern gegeben werden und fügte den Kategorien von Zhang et al. noch eine Kategorie (enrichment) zu. Diese beschreibt Hilfestellungen, die das aktuelle Problem mit einem verwandten Problembereich verknüpfen, um eine stärkere Verarbeitungstiefe zu erreichen.

Die induktive Kategorienbildung lieferte zusätzlich noch zwei Kategorien mit Schwierigkeiten der Lernenden und die entsprechenden gegenwirkenden Unterstützungsmaßnahmen: Fragen, die sich auf die Benutzeroberfläche (software difficulties) oder auf den Versuchsaufbau (hardware difficulties) beziehen, wurden mit Hilfestellungen zur Benutzeroberfläche (software support) bzw. zum Versuchsaufbau (hardware support) beigelegt. Zusätzlich wurden Rückfragen des Virtuellen Betreuers an den Benutzer (request for detailed specification) registriert.

Nach einer vollständigen Codierung der Chat-Protokolle wurden die Häufigkeiten und die zeitlichen Abfolgen der Codings analysiert. Die Dialoge wurden hierbei in Dialogsequenzen unterteilt.

Ergebnisse

Hier wurde vor allem das theoriebasierte Konzept vorgestellt. Die bereits durchgeführte erste kleine Voruntersuchung zeigte, dass der Virtuelle Betreuer als Hilfe angenommen und auch angefordert wurde. Der Virtuelle Betreuer konnte erfolgreiche Hilfestellungen liefern, die dazu führten, dass alle Probanden die Versuchsdurchführung erfolgreich abschlossen. Oft begann ein Dialog mit hard- und softwarebezogene Fragen. Experimentelle Hilfestellungen beendeten häufig eine Dialogsequenz. Dieser Befund wirft die Frage auf, ob experimentelle Hilfestellungen besonders hilfreich sind, etwa weil sie als direkte Handlungsanweisungen aufgefasst werden, oder ob sie von Nachteil sind, weil hier der Dialog zunächst abbricht. Die Analyse der Chatprotokolle liefert Informationen sowohl über den Lernenden als auch über den Lehrenden. Damit ist dies auch ein vielversprechendes Werkzeug für die Lehr-Lern-Forschung, das weiter genutzt werden kann.

Literatur

- Jong, T. de, & Joolingen, W. R. van (1998). Scientific Discovery Learning With Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68 (2), 179–201
- Fund, Z. (2007). The effects of scaffolded computerized science problemsolving on achievement outcomes: a comparative study of support programs. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23, 410–424
- Mayring P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz, 11. Aufl.
- Zhang, J., Chen, Q., Sun, Y., & Reid, D. J. (2004). Triple scheme of learning support design for scientific discovery learning based on computer simulation: experimental research. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20, 269–282

Strategienutzung in realen und virtuellen Experimentierumgebungen

Deutsche Schülerinnen und Schüler erwerben im naturwissenschaftlichen Unterricht umfangreiches, aber träges Fachwissen - das ist eines der Ergebnisse der PISA-Studie von 2006 (PISA-Konsortium, 2007). Dabei beschreibt nat.-wis. Kompetenz nach dem internationalen PISA-Konsortium u. a. die Anwendung nat.-wis. Wissens zur Erkennung von Fragestellungen, das Aneignen neuen Wissens, das Beschreiben nat.-wis. Phänomene und die Fähigkeit, aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen (PISA-Konsortium, 2007, S. 65). Diese Fähigkeiten werden auch in den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ als zu erreichende Kompetenz benannt (KMK, 2007).

Scientific Inquiry als Lernziel - Strategisches Arbeiten in den Naturwissenschaften

Akerson (2008) verweist darauf, dass das Experimentieren im Sinne von Scientific Inquiry hohe Ansprüche an Kognition, Metakognition und manuellen Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler stellt, und darüber hinaus auch das Fachwissen abgerufen und angewendet werden muss. Damit Schülerinnen und Schüler sich durch eigenständiges Experimentieren Fachwissen aneignen können, schlägt sie vor, die einzelnen Komponenten des Experimentierens nach und nach einzuüben, und Scientific Inquiry als Lernziel und als Methode zu begreifen. Neben der von Akerson (2008) vorgeschlagenen schrittweisen Einführung können weitere Maßnahmen ergriffen werden, um das Erlernen des komplexen Konstrukts zu erleichtern. Dazu gehört das Einführen und Einüben der Strategien vor dem Einsatz, z. B. durch Trainings (z. B. Wahser, 2008). Das Arbeitsgedächtnisses kann z. B. entlastet werden, indem während des Arbeitens eine Übersicht über die Strategie zur Verfügung steht (z. B. Wahser, 2008) oder während des Arbeitens externe Hinweise gegeben werden („Prompting“, z. B. Marschner, 2011). Auch der Einsatz virtueller statt realer Experimente kann hilfreich sein, da Schwierigkeiten manuellen Arbeitens durch vereinfachte Experimente ausgeräumt werden (z. B. Gunstone & Champagne, 1999).

Eine Strategie, die das nat.-wis. Arbeiten prägt, ist das Hypothesen geleitete Suchen nach empirischer Evidenz, beschrieben z. B. im Modell der „Scientific Discovery as Dual Search“ (SDDS) (z. B. Klahr, 2000). Nach SDDS werden basierend auf dem Vorwissen Hypothesen generiert, wie ein vorgegebenes Problem gelöst werden kann; dies geschieht im Hypothesenraum. Zu den Hypothesen werden dann passende Experimente durchgeführt; dies geschieht im Experimentiereraum. Basierend auf der Evidenz werden Schlussfolgerungen in Bezug auf die Hypothesen gezogen. Eine hilfreiche Strategie beim Experimentieren ist die der Variablenkontrolle. Dabei wird in den Naturwissenschaften nur eine einzige Variable verändert, alle anderen werden konstant gehalten. So kann eine Aussage darüber getroffen werden, welchen Einfluss diese Variable auf das gesamte Phänomen hat.

Forschungsfrage und Hypothesen

- FF: Wie wirkt sich die Bearbeitung unterschiedlicher Kombinationen realer und virtueller Lernumgebungen auf verschiedene Aspekte von Scientific Inquiry aus?
H.0 Es gibt keine Unterschiede zwischen den Treatmentgruppen.

- H.1 Paare, die mindestens eine virtuelle Lernumgebung bearbeitet haben, haben einen höheren Lernzuwachs in Strategiewissen und Strategieanwendung.
- H.2 Paare, die mindestens eine reale Lernumgebung bearbeitet haben, zeigen einen höheren Lernzuwachs im Bereich manuellen Arbeitens.

Studiendesign

In einer Interventionsstudie mit Prä-Post-Design wurden Gymnasiasten der Jgst. 8 (NRW) zufällig auf vier Treatmentgruppen (TG) verteilt. Alle Treatments umfassten die Bearbeitung von zwei Lernumgebungen (LU) in Partnerarbeit (je 20 Min. pro LU) und ein Training, bei dem im Klassenverband der Weg der Erkenntnisgewinnung vorgestellt wurde. Eine Präsentation des Weges wurde dabei ergänzt durch zu bearbeitende Aufgaben, die mind. einen Teilaspekt des Weges fokussierten.

Zur Messung des Lernzuwachses wurden Instrumente zum Vorwissen „Neutralisation“ und „Auftrieb“, zum Strategiewissen (Wahser, 2008), zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Klos, 2009) und zum Wissen um Experimentieren („LabSkills“) eingesetzt. Der Test zum Strategiewissen wurde zusätzlich unmittelbar nach dem Training eingesetzt. Alle Probanden lösten eine N-Skala des Kognitiven Fähigkeitstests (Heller & Perleth, 2000). Einer Teilstichprobe wurde vor der ersten und nach der zweiten LU der Fragebogen zur Aktuellen Motivation (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) vorgelegt.

Die Inhalte der beiden LU waren „Auftrieb“ (Auftr.) und „Neutralisation“ (Neutr.). Variiert wurde der Modus der LU (computerbasiert (CB) vs. Realexperiment (IB)):

TG	1		2		3		4	
	a	b	a	b	a	b	a	b
1. LU	Neutr. CB	Auftr. CB	Neutr. CB	Auftr. CB	Neutr. IB	Auftr. IB	Neutr. IB	Auftr. IB
2. LU	Auftr. CB	Neutr. CB	Auftr. IB	Neutr. IB	Auftr. IB	Neutr. IB	Auftr. CB	Neutr. CB

Tab. 1: Treatmentgruppen

Ausgewählte Ergebnisse

Insgesamt nahmen 22 Klassen, davon 4 reine Mädchenklassen, an der Studie teil (N=522, davon 292 Mädchen). Aufgrund der unterschiedlichen Voraussetzungen in den Klassen wurde innerhalb der Klassen z-standardisiert, alle weiteren Angaben beziehen sich auf die z-standardisierten Werte:

Test	Cronbach's α	Anz. Items	Lernzuwachs, alle TG	Cohen's d
Strategiewissen (Prä-Post)	.823	18	$t(501)=12.076, p<.001$.64
Strategiewissen (Prä-Training)			$t(521)=12.076, p<.001$.61
Naturwissenschaftl. Arbeitsw.	.788	39	$t(521)=.044, p=.965$	-
LabSkills	.666	20	$t(508)=28.184, p<.001$	1.11

Tab. 2: Testkennwerte und Lernzuwachs aller Probanden, ausgewählte Ergebnisse

Alle Tests weisen mind. ausreichende Testkennwerte auf, zudem zeigt sich Lernzuwachs in allen Tests mit großem Effekt. Eine Ausnahme stellt der Test zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen dar, der sich auch in anderen relativ kurzen Interventionen als nicht geeignet zur Messung von Veränderungen erwiesen hat.

Bei Betrachtung der Unterschiede zwischen den Gruppen mit Hilfe von Kontrasten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Es erfolgten sowohl Vergleiche einzelner TG mit dem Rest (insg. 8 Kontraste) als auch Vergleiche von „logischen Gruppen“ (insg. 7 Kontraste), z. B. der Vergleich von Gruppen, die nur mit einem Modus gearbeitet haben gegen Gruppen, die mit beiden Modi gearbeitet haben, weil dort zu erwarten wäre, dass Gruppen, die mit beiden Modi gearbeitet haben, eine umfassendere Förderung erfahren. Ein weiteres Beispiel wäre der Vergleich von Gruppen, die zunächst computerbasiert gearbeitet haben gegen Gruppen, die zunächst mit Realexperimenten gearbeitet haben, weil die Gruppen, die in der ersten LU am Computer gearbeitet haben, in der zweiten LU strategischer vorgehen, da sie auf die Strategien gepromptet wurden.

Diskussion und Ausblick

Es ist festzuhalten, dass die Intervention trotz ihrer Kürze erfolgreich ist, da insgesamt signifikante Mittelwertunterschiede zugunsten der Intervention auftreten. Mit Blick auf die Forschungsfrage ist festzuhalten, dass die Bestätigung der Nullhypothese eingetreten ist, da es keine signifikanten Unterschiede zwischen den TG gibt. Lediglich im LabSkills-Test können Tendenzen zugunsten der TG, die ausschließlich mit Realexperimenten gearbeitet haben, festgestellt werden; diese sind aber nicht signifikant.

Nun werden während der Datenerhebung aufgenommene Prozessdaten (Videos und Logfiles) ausgewertet. Mit diesen Daten sollen die Ergebnisse der Tests aufgeklärt werden: Ist die Strategienutzung der Probanden in den unterschiedlichen Modi der Lernumgebungen ebenfalls gleich? Inwiefern greifen die Unterstützungsmaßnahmen (Prompts, Informationskarten, reduzierte manuelle Belastung)? Eine Analyse dieser Daten steht noch aus.

Literatur

- Akerson, V. (2008). How do I do this? Skills students need for Inquiry. In Abrams, E., Southerland, S., Silva, P. (Hrsg.). *Inquiry in the classroom. Realities and opportunities*. Charlotte: Information Age Publishing.
- Gunstone, R.F. & Champagne, A.B. (1990). Promoting conceptual change in the laboratory. In *The Student Laboratory and the Science Curriculum* (ed. E. Hegarty-Hazel), pp. 159–182. London: Routledge
- Heller, K. A. & Perleth, Ch. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen, Revision (KFT 4-12+ R). Göttingen: Hogrefe
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science. The Cognition and Development of Discovery Processes*. Cambridge: MIT Press
- Klos, S. (2009). *Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht: Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen. Berlin: Logos
- Lazarowitz R., Tamir P., (1994), Research on using laboratory instruction in science, in D. L. Gabel. (Ed.) *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 94-130), New York: Macmillan
- Marschner, J. (2011). *Adaptives Feedback zur Unterstützung des selbstregulierten Lernens durch Experimentieren*. Dissertation, Universität Duisburg-Essen. In http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet/Document-27679/Diss_Marschner.pdf
- PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.) (2007). *PISA 2006 - Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster: Waxmann
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., Burns, B.D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 47 (2), 57-66
- Sekretariat der Ständigen Kultusministerkonferenz der Länder (2007). *Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss im Fach Chemie*. München: Luchterhand
- Tschirgi, J. (1980). *Sensible Reasoning: A Hypothesis about Hypotheses*. *Child Development* 51(1), 1-10
- Wahser, I. (2008). *Training naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie*. Dissertation, Universität Duisburg-Essen. Berlin: Logos

Zielgerichtetes Experimentieren

Das Experiment im Schulunterricht

In der Literatur wird kaum in Frage gestellt, dass Experimente ein unverzichtbarer Gegenstand des Physikunterrichts sind und auch bleiben sollen. Das Ausmaß ihrer Lernwirksamkeit wird hingegen kritisiert (Hodson 1993). Eine generelle Eignung als Methode zum schulischen Erkenntnisgewinn spricht Hodson dem Experimentieren dabei keineswegs ab. Vielmehr sieht er den Grund für die nicht zufrieden stellende Lernwirksamkeit in einem nicht ausgeschöpften Potential dieser Methode. Schulisches Experimentieren werde kaum effektiv umgesetzt oder zu trivial eingesetzt. Dabei entstehen auch durch die Verwendung kochbuchartiger Experimentieranleitungen ungleiche Vorstellungen bei Lehrern und Schülern über die unterrichtliche Funktion der durchgeführten Experimente (Hofstein und Lunetta 1982 und 2004). Vorschläge, wie diese effektiver im Unterricht einzusetzen sind, liefern ebenfalls Hofstein und Lunetta (in deutlicher Übereinstimmung zu Harlen 1999 oder Hodson 1993). U. a. sollte eine sinnvolle Einbettung in das Unterrichtsgeschehen erreicht und die Gestaltung der Schulversuche passend zum jeweiligen Ziel gewählt werden. Hierdurch erhielten die Experimentierphasen zudem konkrete unterrichtliche Funktionen (Tesch und Duit 2002).

Ansatzpunkt und Konzeption der Studie

Ziel ist es, Formen der experimentellen Inszenierung zu entwickeln, die die auf Lehrerseite intendierte mit der auf Schülerseite rezipierten Funktion eines Experiments im Erkenntnisprozess möglichst gut zur Deckung bringt. Diese Inszenierungen können dabei als Choreographien oder Durchführungsarten verstanden werden, welche die jeweilige Funktion besonders deutlich werden lassen - so deutlich, dass Schüler/innen sie erkennen und Lehrkräfte die Experimente auch entsprechend ihrer jeweiligen unterrichtlichen Funktion einsetzen.

Für die Studie wurden zwei Durchführungsarten entwickelt. Die Basis dafür lieferten zwei grundsätzliche Rollen des Experiments im Erkenntnisprozess: Das Aufbauen von Erfahrungen mit dem Gegenstandsbereich und das Prüfen theoretischer Aussagen. Sie fungierten als Grundlagen zur Entwicklung des explorativen und explanativen Experiments. Tabelle 1 zeigt ihre charakteristischen Eigenschaften. Diese Arten wurden gewählt, da sie gut kontrastierbar für die geplante empirische Untersuchung und methodisch rekonstruierbar für den unterrichtlichen Einsatz sind.

Exploratives Experiment	Explanatives Experiment
Funktion: Phänomene erkunden	Funktion: Prüfen von theoretischen Aussagen (Hypothesen)
offene Ausgangssituation	Begründete Hypothesen als Ausgangspunkt
Rolle der Theorie untergeordnet	Theorie bzw. Vorkenntnisse unabdingbar
Suche nach Zusammenhängen; nicht nach Erklärungen	Erklärungen für das Beobachtete werden geliefert
Ergebnis: Hypothesen generieren	Ergebnis: Qualitätsaussage über die zu Grunde gelegte Hypothese

Tab. 1: Charakteristika der Experimentiertypen

Für die Studie wurde je eine Unterrichtsstunde mit einer der beiden Durchführungsarten geplant. Da sich beide Arten der Durchführung gut zu einer Sequenz formen lassen, wurden

je zweistündige Lernsequenzen entwickelt, die genau ein exploratives und ein explanatives Experiment enthielten. Letzteres benötigt zur Prüfung theoretischer Aussagen eine Vorformulierung dieser, weshalb eine Phase der theoriebezogenen direkten Instruktion in die Sequenz integriert wurde. Dabei stellt sich die Frage nach der geeigneten Reihenfolge der Unterrichtsstunden und damit auch einer Positionierung der theoriebezogenen Instruktion im Erkenntnisprozess. Zunächst kann eine zu bevorzugende Abfolge nicht aus allgemeineren Grundsätzen abgeleitet werden. „Eine eindeutig bestimmte, allgemeine Reihenfolge von ‚Experiment und Theorie‘ bzw. ‚Theorie und Experiment‘ kann es hierbei nicht geben“ (Tesch und Duit, 2002). Deren Reihenfolge wurde deshalb bei der Studie variiert, woraus zwei verschiedene Abfolgen der Unterrichtsstunden resultierten. Die erste Abfolge behandelt dabei zuerst die explorativen und im Anschluss die explanativen Experimente mit vorab behandelter Theorie. Bei der zweiten Abfolge sind beide Stunden vertauscht.

Um Auswirkungen auf den Lernerfolg erheben zu können, wurde vor Beginn der Lerneinheit und an deren Ende ein Wissenstest eingesetzt. Im Anschluss an jede der experimentellen Phasen wurde zudem ein Fragebogen verwendet, der die Funktionszuschreibung der Schüler für das jeweils zuletzt durchgeführte Experiment erfassen sollte. Dabei wurden 14 Funktionen unterschieden (Vgl. Kircher 2007), darunter die Funktion „theoretische Aussagen prüfen“.

Für die Studie standen zwei achte und zwei neunte Klassen einer Realschule in Bayern zur Verfügung. Diese wurden jeweils parallel von der gleichen Lehrkraft unterrichtet, bestanden aus je ca. 25 Schülern und gehörten nicht dem naturwissenschaftlichen Zweig der bayrischen Realschule an.

Fragestellungen der Studie

- Welchen Einfluss hat die Variation der Reihenfolge der Inszenierungsformen auf den Lernzuwachs?
- Inwiefern kann durch die entwickelten Inszenierungsformen von Experimenten eine vergleichbare Funktionszuschreibung durch Lehrer und Schüler erreicht werden?

Ergebnisse der Studie

Die Auswertung des Fragebogens zu den Funktionszuschreibungen mittels t-Test lieferte eine hochsignifikant ($p < 0,01$) unterschiedliche Bewertung der Funktion „theoretische Aussagen prüfen“. Dies ist Funktion des explanativen nicht jedoch des explorativen Experiments. Abbildung 1 zeigt die Bewertung auf einer fünfstufigen Skala, wobei eine Bewertung mit '5' maximale Passung repräsentiert. Schüler erkennen also unterschiedliche Funktionen der entwickelten Experimentiertypen.

Theoretische Aussagen prüfen – Gesamte Studie

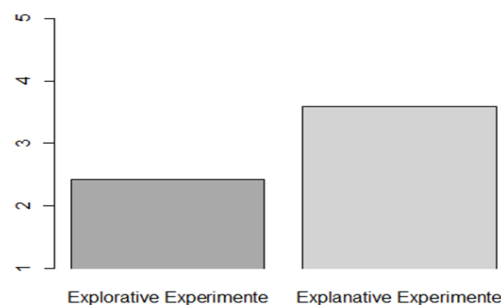


Abb. 1: Bewertung der Funktion „theoretische Aussagen prüfen“ durch die Schüler.

Dass sie hierbei mit Lehrkräften bezüglich ihrer Wahrnehmung übereinstimmen, darf angenommen werden, da eben diese Funktionszuschreibung erklärte Intention der Art der Durchführung und auch Thema einer entsprechenden Schulung der Lehrkräfte war.

In Bezug auf den vor und nach der Lernsequenz eingesetzten Wissenstests unterschieden sich die untersuchten Gruppen in ihren Vortestergebnissen. Um Auswirkungen dieser Ungleichheit zu minimieren wurde aus den erhobenen Daten über lineare Regression der Einfluss des Vortestergebnisses aus dem Nachtestergebnis eliminiert. Der so entstandene neue Datensatz sollte den Lernzuwachs widerspiegeln. Dieser Zuwachs zeigte sich signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich bezüglich der Reihenfolge der Inszenierungsformen in den Lerneinheiten. Dabei kann von einer mittleren Effektstärke ($d = 0,54$) zugunsten von Abfolge 1 (explorativ vor explanativ) gesprochen werden. Bei der Analyse von Teilgruppen der Gesamtstudie zeigte sich ein geschlechtsspezifischer Unterschied (Vgl. Abbildung 2).

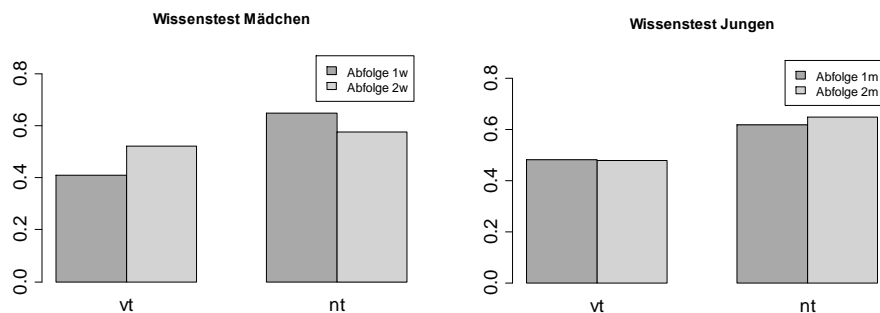


Abb. 2: Mittelwerte der Wissenstests, getrennt nach Geschlecht. vt:=Vortest nt:= Nachtest

So wie die Gruppe der Jungen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Abfolgen auf, die Mädchen reagierten jedoch sensibel auf diesen Aspekt. Hier ergab sich ein hochsignifikanter Unterschied ($p = 0,002$) bei großer Effektstärke ($d = 0,99$).

Zusammenfassung:

- Die Reihenfolge der zwei verwendeten Durchführungsarten für Experimente im Unterricht hat einen Einfluss auf den Lernerfolg. Dieser Einfluss scheint bei Mädchen stärker ausgeprägt zu sein.
- Die Funktionen der Inszenierungen werden von Schülerinnen und Schülern differenziert wahrgenommen.
- Durch eine Variation der Funktion von Experimenten und deren prägnanter Inszenierung scheint eine einheitliche Zielzuschreibung durch Lehrer und Schüler erreichbar zu sein.

Literatur

- Harlen, W. (1999). Effective Teaching of Science. A Review of Research (W. Harlen & R. Wake, Hrsg.). Scottish Council for Research in Education, 15 St. John Street, Edinburgh EH8 8JR, Scotland
- Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards A More Critical Approach To Practical Work In School Science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52 (2), 201–217
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, 28-54
- Kircher, E & Girwidz, R. & Häußler, P. (2007). *Physikdidaktik – Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag
- Maïke Tesch und Reinders Duit (2002). Zur Rolle des Experiments im Physikanfangsunterricht. *Didaktik der Physik*. Frühjahrstagung Leipzig, 2002

Methoden zu Förderung naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens

Ausgangslage

Naturwissenschaftlich-experimentelles Arbeiten ist zentraler Bestandteil des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung der deutschen Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss. Ergebnisse der PISA-Studie aus dem Jahr 2006 mit dem Fokus auf Naturwissenschaften zeigen, dass bei deutschen Schülerinnen und Schülern ein Wissensmangel in diesem Bereich vorliegt (OECD, 2007). Daher ist es notwendig, Lernmaterialien zu entwickeln, mit denen Schülerinnen und Schüler in diesem Bereich gefördert werden können.

Im Rahmen des Schulentwicklungsprojekts „Ganz In“ werden Gymnasien bei dem Aufbau eines gebundenen Ganztagsangebotes unterstützt. Innerhalb dieser Struktur verfügen die Schulen in der Regel über zusätzliche Lernzeiten oder zusätzliche Nachmittagsangebote, in denen Schülerinnen und Schüler selbstständig und häufig unter fachfremder Betreuung lernen können. Das Ziel dieser Studie ist es, geeignete Lerngelegenheiten zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen zu entwickeln, mit denen Schülerinnen und Schüler selbstreguliert lernen können.

Theoretischer Hintergrund

Das Experiment ist als wichtiges Element naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen und aufgrund seines angenommenen, lernförderlichen Potenzials zentraler Bestandteil des Chemieunterrichts. Viele Studien zeigen jedoch, dass Umfang und Qualität des durch Schülerexperimente erlernten Wissens hinter den Erwartungen zurück bleiben (Bates, 1978). Wirth, Thillmann und Künsting (2008) benennen als einen der Gründe für dieses Phänomen die Tatsache, dass Experimentieren die Übernahme metakognitiver Funktionen erfordert. Dies stellt für viele Schülerinnen und Schüler eine große Herausforderung dar und kann daher den Lernprozess behindern. Eine Möglichkeit, die Schülerinnen und Schüler bei der selbstständigen Regulation des Lernprozesses zu unterstützen und damit das Potenzial des Experimentes auszuschöpfen, ist die Verwendung von Beispielaufgaben. Dabei handelt es sich traditionell um papier-basierte Aufgaben, die eine Problemstellung und eine in mehreren Schritten ausgearbeitete Musterlösung beinhalten. In dieser Studie werden die Aufgaben mit hands-on Experimenten integriert, sodass das Vorhandensein der Lösung den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gibt, ihr Vorgehen innerhalb des Experimentierprozesses zu strukturieren. Auf Grundlage der Cognitive Load Forschung kann angenommen werden, dass bei einem geeigneten Design der Beispielaufgaben der extraneous load reduziert werden kann und mehr kognitive Kapazität für den Lernprozess zur Verfügung steht (Chandler & Sweller, 1991). Durch diese Steigerung des germane loads sollten Schülerinnen und Schüler, die mit diesen Aufgaben lernen, einen höheren Wissenszuwachs erzielen, als diejenigen, die mit herkömmlichen experimentellen Problemloseraufgaben arbeiten. Des Weiteren werden zusätzlich zu den Beispielaufgaben Prompts eingesetzt, um den Lernprozess weiter anzuregen und zu unterstützen. Bei diesen Lernhinweisen handelt es sich um eine nicht-direktive Form der Unterstützung auf metakognitiver Ebene (Wirth et al., 2008). Sie sollen Selbsterklarungen in Form von Begründungen auf Grundlage des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses für jeden Lösungsschritt anregen und so als zusätzliche Orientierung innerhalb des Lernprozesses dienen.

Forschungsfragen und Hypothesen

Zentrales Ziel der hier vorgestellten Studie ist es Lernmaterialien zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen zu entwickeln und zu evaluieren, die ein hands-on Experiment enthalten und gleichzeitig eine Unterstützung bei der Strukturierung des Lernprozesses gewährleisten. Im Rahmen dieser Studie wird untersucht, welche der entwickelten Arten von Lernmaterialien den Wissenszuwachs in diesem Bereich in welchem Ausmaß fördert. Die folgenden beiden Forschungsfragen stehen dabei im Vordergrund:

1. In welchem Ausmaß fördern Beispielaufgaben mit integrierten Experimenten den Wissenserwerb von Schülerinnen und Schülern im Bereich der naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitsweisen stärker als experimentelle Problemlöseaufgaben?
2. In welchem Ausmaß fördern Beispielaufgaben mit integrierten Experimenten und Prompts den Wissenserwerb von Schülerinnen und Schülern im Bereich der naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitsweisen stärker als Beispielaufgaben mit integrierten Experimenten?

Auf Grund der beschriebenen Theorie kann angenommen werden, dass Schülerinnen und Schüler, die mit Beispielaufgaben mit integrierten Experimenten und Prompts lernen den größten Wissenszuwachs aufweisen, während Schülerinnen und Schüler nach der Bearbeitung von Problemlöseaufgaben den geringsten Wissenszuwachs zeigen sollten.

Studiendesign und Forschungsmethoden

Die Forschungsfragen sollen im Rahmen einer Studie im prä-, post-, follow up-Design mit drei Experimentalgruppen über einen Zeitraum von 10 Wochen in der Jahrgangsstufe 6 an Gymnasien untersucht werden. Das Studiendesign ist in Tabelle 1 dargestellt.

	0	1	2-8	9	Fu
EG 2	Prä-Test	Einführung in das naturwissenschaftlich-experimentelle Arbeiten	Beispielaufgabe mit integrierten Experimenten und Prompts	Post-Test	Follow up-Test
EG 1			Beispielaufgabe mit integrierten Experimenten		
KG			Experimentelle Problemlöseaufgaben		

Tab. 1: Überblick über den Studien- und Experimentalgruppenaufbau

Tabelle 2 gibt einen kurzen Überblick über die Gesamtheit aller eingesetzten Testinstrumente und Fragebögen. Die beiden Fragebögen zum naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeiten werden im Folgenden kurz erläutert. Der Strukturierungstest (Wahser, 2007) erfasst das theoretische Wissen über die Zusammenhänge des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses. Der NAW-Test (adaptiert nach Mannel, 2011) hingegen erfasst Wissen über naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitsweisen anwendungsorientiert in verschiedenen Kontexten.

	Testinstrumente und Fragebögen
Prä-Test	Leseverständnistest, Interesse, Fachwissen, Strukturierungstest, NAW-Test
Begleitende Tests (2-8)	Situationales Interesse, Cognitive Load
Post-Test	Kognitive Fähigkeiten, Interesse, Fachwissen, Strukturierungstest, NAW-Test
Follow up-Test	Interesse, Fachwissen, Strukturierungstest, NAW-Test

Tab. 2: Überblick über die Testinstrumente und Fragebögen

Erste Ergebnisse

Die Pilotstudie wurde im Oktober-Dezember 2011 mit $N = 68$ ($M_{\text{Alter}} = 11.12$, $SD_{\text{Alter}} = .59$, 45,6% ♀) Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Testinstrumente zum naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeiten dargestellt. Die Cronbach's Alpha Werte beider Instrumente sind sehr zufriedenstellend (NAW-Test: $\alpha_{\text{prä}} = .82$, $\alpha_{\text{post}} = .84$; Strukturierungstest: $\alpha_{\text{prä}} = .81$, $\alpha_{\text{post}} = .84$). Die Ergebnisse des Strukturierungstests zeigen signifikante Lernzuwächse für alle drei Versuchsgruppen (EG 2: $t(22) = 4.54$, $p < .001$; EG 1: $t(21) = 2.60$, $p = .017$; KG: $t(17) = 4.29$, $p < .001$). Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen sind jedoch in der Kovarianzanalyse unter Kontrolle von Leseverständnis, kognitiven Fähigkeiten und Vorwissen nicht vorhanden ($F(2,57) = .031$, $p = .141$; $\eta_p^2 = .067$). Für den NAW-Test zeigen sich signifikante Wissenszuwächse für die Schülerinnen und Schüler der Kontroll- und der Experimentalgruppe 2 (mit Prompts) (EG 2: $t(22) = 2.22$, $p = .037$; EG 1: $t(20) = 1.89$, $p = .074$; KG: $t(17) = 2.52$, $p = .022$). Die Kovarianzanalyse unter Kontrolle der oben genannten Variablen zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gruppen ($F(2,47) = 3.21$, $p = .049$; $\eta_p^2 = .120$), der post hoc insbesondere auf den Unterschied zwischen KG und EG 2 zurückgeführt werden kann, zugunsten der Kontrollgruppe.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der Pilotstudie zeigen, dass sich naturwissenschaftlich-experimentelles Arbeiten mithilfe von Beispielaufgaben mit integrierten Experimenten fördern lässt. Jedoch zeigen sich in der Pilotstudie auch Vorteile zugunsten der Kontrollgruppe. Dies legt die Vermutung nahe, dass das Design der Beispielaufgaben noch weiter optimiert werden muss, um den extraneous load weiter zu reduzieren, sodass mehr kognitive Kapazität für den eigentlichen Lernprozess zur Verfügung steht. Eine Möglichkeit, den extraneous load zu reduzieren, könnte sein, die Experimente noch enger in die Beispielaufgaben zu integrieren, so dass ein möglicher split-attention Effekt vermieden wird. Eine weitere Optimierungsmöglichkeit stellt die engere Integration des methodischen mit dem fachinhaltlichen Aspekt der Beispielaufgaben dar. Beide Aspekte wurden in der Pilotstudie weitgehend unabhängig voneinander dargestellt. Dies bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler beide Aspekte selbstständig miteinander integrieren mussten. Dies könnte zu einer kognitiven Überlastung geführt haben, die den Lernprozess behindert. Das Beispielaufgabendesign soll dahin gehend verändert werden, dass Fachmethodik und -inhalt bereits in die Lösung integriert werden, um die kognitive Belastung zu reduzieren. Diese Veränderungen am Design sollen eine bessere Ausnutzung des Beispielaufgabeneffekts bewirken. Die sich anschließende Studie mit einer Stichprobengröße von $N = 300$ wird zeigen, inwieweit die modifizierten Beispielaufgaben zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen geeignet sind und inwieweit sich das lernförderliche Potenzial des Experimentes durch die vorgegebene Strukturierung entfalten lässt.

Literatur

- Bates, G.R. (1978). The role of laboratory in secondary school science programs. In Browe, M.B. (Ed.), *What research says to the science teacher*. Washington D.C.: National Science Teachers' Association, 55-82
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction: *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332
- Mannel, S. (2011). *Assessing scientific inquiry: Development and evaluation of a test for the low-performing stage*. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 111. Berlin: Logos Verlag
- OECD. (2007). *PISA 2006: Science competencies for tomorrow's world. Volume 1 - Analysis*. Paris: OECD.
- Wahser, I. (2007). *Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie*. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 73. Berlin: Logos-Verlag
- Wirth, J., Thillmann, H., & Künsting, J. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54 (3), 361-375

Naturwissenschaften für Fachkräfte - Inhalte, Aufgaben, Ziele

Problemstellung

Im Rahmen des schlechten Abschneidens Deutschlands bei internationalen Vergleichsstudien im Bereich Naturwissenschaften und angesichts des Fachkräftemangels in Natur- und Ingenieurwissenschaften ist die frühkindliche Bildung vor der Schulzeit in den Fokus der Fachöffentlichkeit geraten. Die pädagogischen Fachkräfte im Elementarbereich sehen sich mit der Situation konfrontiert, naturwissenschaftliche Phänomene mit den Kindern zu behandeln und auf Probleme und Fragen adäquat, d.h. der Altersgruppe angemessen, zu reagieren.

Untersuchungsleitende Fragestellung

Was soll zur naturwissenschaftlichen Bildung für pädagogische Fachkräfte gehören, um im Vorschulbereich ein Bildungsangebot mit naturwissenschaftlichen Inhalten machen zu können?

Design der Delphi-Studie Naturwissenschaften im Elementarbereich

Zuverlässige Antworten auf diese Fragestellung lassen sich ableiten, wenn möglichst viele Betroffene zu Wort kommen und Vertreter verschiedener Fachrichtungen in einen Gedankenaustausch treten. Als Methode wurde eine Delphi-Studie mit drei Befragungsrunden gewählt. Die erste Befragungsrunde diente der Konkretisierung der Problemstellung. Die von den Teilnehmern zu vorgegebenen Fragen frei formulierten Antworten wurden in Kategorien zusammengefasst. Diese Kategorien wurden den Teilnehmern in der zweiten Befragungsrunde zur Beurteilung unter zwei verschiedenen Aspekten vorgelegt. Sie sollten beurteilen, welche Priorität die in den Kategorien zum Ausdruck gebrachten Bildungselemente haben sollen und in welchem Ausmaß sie bereits in der gegenwärtigen Ausbildung realisiert werden. In der dritten Befragungsrunde sollten die Teilnehmer die zusammengefassten Kategorien zu Ausbildungszielen kombinieren und diesen Institutionen der Aus- und Fortbildung zuordnen. Außerdem sollten sie aus vorgegebenen Möglichkeiten Gründe für die Ausbildungsziele nennen sowie Themen und Materialien, mit denen diese Ausbildungsziele realisiert werden können.

Auswahl und Anzahl der Teilnehmer

Für die Delphi-Studie Naturwissenschaften im Elementarbereich wurde ein fester Teilnehmerkreis aus Experten unterschiedlicher Fachrichtungen und Tätigkeitsfelder ausgewählt. Die Experten sollten aus den verschiedenen Bereichen der frühkindlichen Bildung stammen und sie sollten zusätzlich über Expertise im Bereich naturwissenschaftlicher Grundbildung für pädagogische Fachkräfte verfügen.

Es galt, einen Mittelweg zu wählen zwischen hinreichend großer Teilnehmerzahl und einem noch zu bewältigenden Umfang an Datenmaterial. In Anlehnung an Mayer (1992, S. 96) wurde eine Teilnehmerzahl von 7 Personen pro Befragungsgruppe angestrebt. Vier Gruppen wurden befragt (7 Experten aus der Praxis, 9 aus der Ausbildung, 7 aus der Fortbildung und 9 aus den Bezugswissenschaften), insgesamt also 32 Personen.¹

Auswertung und Ergebnisse der dritten Befragungsrunde

Die erste Befragungsrunde hat fünf Oberbegriffe (Anlass, Wissen, Umgang, Haltung, Themen) mit insgesamt 75 Kategorien für die zweite Befragungsrunde und drei weitere Oberbegriffe (Gründe, Fortbildung, Materialien) mit insgesamt 47 Kategorien für die dritte Befragungsrunde ergeben.

¹ An der dritten Befragungsrunde nahmen nur 8 Experten aus der Ausbildung teil, insgesamt also 31 Personen.

Für die dritte Befragungsrunde wurden die Kategorien zu den Oberbegriffen Anlass, Wissen, Umgang und Haltung neu zusammengefasst und die Teilnehmer sollten diese zu Ausbildungszielen kombinieren. Für jede neue Kombination von Ausbildungszielen sollte ein eigenes Antwortblatt verwendet werden. Die Teilnehmer sollten so viele Antwortblätter verwenden, dass alle aus ihrer Sicht wichtigen Ausbildungsziele abgedeckt wurden. Die Antworten der Teilnehmer ergaben insgesamt 112 auswertbare Antwortblätter. Um die Frage zu beantworten, welche Ausbildungsziele die pädagogischen Fachkräfte aus Sicht der Teilnehmer erreichen sollen, wurden die Kategorien zu den Oberbegriffen Anlass, Wissen, Umgang und Haltung einer hierarchischen Clusteranalyse mittels SPSS unterzogen.

Bei den Ausbildungszielen ergaben sich sieben Typen, die sich dem zunehmenden Abstraktionsgrad und der zunehmenden Offenheit entsprechend in folgendem Spektrum anordnen lassen: Bei **Typ 1 (angeleitet, naturwissenschaftliche Methoden)** soll Fachwissen für angeleitete Anlässe vermittelt werden. Die pädagogischen Fachkräfte sollen lernen, naturwissenschaftliche Methoden anzuwenden und eine reflexive Grundhaltung einzunehmen. Diese Form der naturwissenschaftlichen Bildung ist aktuell zu finden in den Angeboten von Lück (2009 a, 2009b) und vom Haus der kleinen Forscher (o. J.). Bei **Typ 2 (angeleitet, Bildungsprozesse der Kinder gestalten, Grundhaltung des Entdeckens)** sollen die pädagogischen Fachkräfte Fachwissen bei angeleiteten Anlässen kennen lernen. Sie sollen lernen, die Bildungsprozesse der Kinder zu gestalten und kognitiv zu begleiten und naturwissenschaftliche Methoden anzuwenden. Dazu sollen sie eine Grundhaltung des Entdeckens einnehmen. Dieser Typ ähnelt dem vorangegangenen Typ 1. Hier wird mit der Grundhaltung des Entdeckens der Fokus etwas stärker auf die möglichen überraschenden Entdeckungen der Kinder gelegt. Die pädagogischen Fachkräfte sollen bei **Typ 3 (angeleitet, reflexive Grundhaltung)** fachdidaktische Kenntnisse bei angeleiteten Anlässen erwerben. Sie sollen lernen, die Bildungsprozesse der Kinder zu gestalten und kognitiv zu begleiten und diese Bildungsprozesse vorzubereiten und emotional zu begleiten. Dazu sollen sie eine soziale und reflexive Grundhaltung einnehmen. Der zunehmende Abstraktionsgrad zeigt sich hier einerseits in den zu erwerbenden fachdidaktischen Kenntnissen, die über rein fachwissenschaftliche Kenntnisse hinausgehen und sich mit der Vermittlung naturwissenschaftlicher Sachverhalte beschäftigen und andererseits in der Vorbereitung und der emotionalen Begleitung der Bildungsprozesse, die den Kindern mehr Raum geben als die bloße Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden. Auch beim letzten Typ mit angeleiteten Anlässen **Typ 4 (angeleitet, andere Kenntnisse, soziale Grundhaltung)** sollen die pädagogischen Fachkräfte lernen, die Bildungsprozesse der Kinder zu gestalten und kognitiv zu begleiten. Dazu sollen sie eine soziale Grundhaltung einnehmen und über andere Kenntnisse im Zusammenhang mit Naturwissenschaften verfügen. Dieser Ausbildungstyp öffnet den Bildungsbereich Naturwissenschaften zu anderen Bildungsbereichen. Damit nimmt er eine Ankerfunktion am Übergang zu den folgenden spontanen Anlässen ein.

Fachwissen und Fachdidaktik bei spontanen Anlässen sollen bei **Typ 5 (spontan, Fachwissen, Grundhaltung des Entdeckens)** vermittelt werden. Die pädagogischen Fachkräfte sollen lernen, naturwissenschaftliche Methoden anzuwenden. Dazu sollen sie eine Grundhaltung des Entdeckens einnehmen. Dieses Ausbildungsziel ähnelt inhaltlich dem Typ 2, konkret bei den angeleiteten Anlässen in der Bedeutung des Fachwissens, in der Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden und in der Grundhaltung des Entdeckens. Der Zusammenhang dieser Kategorien mit spontanen Anlässen und die Hinzunahme fachdidaktischer Kenntnisse lassen aber ein stärkeres Abstraktionsniveau und eine stärkere Orientierung an den Ideen der Kinder erkennen. Die pädagogischen Fachkräfte sollen bei **Typ 6 (spontan, Kenntnisse über frühkindliches Lernen)** Kenntnisse über frühkindliches Lernen bei spontanen Anlässen kennen lernen. Sie sollen lernen, die Bildungsprozesse der Kinder zu gestalten und kognitiv zu begleiten und eine Grundhaltung des Entdeckens einzunehmen. Die geforderte Gestaltung der Bildungsprozesse und die kognitive Begleitung

lassen die pädagogischen Fachkräfte in diesem Ausbildungsziel stärker eingreifen als im folgenden Typ. **Typ 7 (spontan, Grundhaltung des Entdeckens)** ähnelt dem vorhergehenden Typ 6 in den Kenntnissen über frühkindliches Lernen bei spontanen Anlässen und der Grundhaltung des Entdeckens. Durch die Hinzunahme anderer Kenntnisse im Zusammenhang mit Naturwissenschaften und durch das Sprechen mit den Kindern über ihre Bildungsprozesse wird bei diesem Typ die höchste Abstraktionsstufe erreicht, die den Kindern einen großen Freiraum für ihre Bildungsprozesse einräumt und die Aufgabe der pädagogischen Fachkräfte endgültig vom Gestalter zum Begleiter bei den naturwissenschaftlichen Bildungsprozessen verlagert. Diese Form naturwissenschaftlicher Bildung folgt dem Selbstbildungsansatz von Schäfer (1995), für die Naturwissenschaften dargelegt in Schäfer (2009a, 2009b).

Entsprechend der zunehmenden Abstraktion der in den sieben Typen enthaltenen Ausbildungsziele werden von den Teilnehmern verschiedene Ausbildungsinstitutionen als maßgebend angesehen. Die Ausbildungstypen mit angeleiteten Anlässen werden vermehrt der Fachschule für Sozialpädagogik und die Ausbildungstypen mit spontanen Anlässen zusätzlich mehrheitlich den neuen Studiengängen Elementarpädagogik zugeordnet.

Hinter diesen Zuordnungen können folgende Überlegungen stehen: Die Ausbildungstypen mit angeleiteten Anlässen stellen die Fachkräfte in den Mittelpunkt. Diese Art naturwissenschaftlicher Bildung wird hauptsächlich von den Fachkräften gesteuert und initiiert. Damit können diese Ziele in Form von Handlungsanweisungen vermittelt und direkt in der Ausbildung geübt werden. Eine akademische Ausbildung wird dafür nicht als notwendig angesehen. Um der in den Ausbildungstypen mit spontanen Anlässen enthaltenen naturwissenschaftlichen Bildung auf der Seite der Fachkräfte gerecht zu werden, müssen sie einerseits viel über das frühkindliche Lernen wissen, andererseits aber auch die Kinder gut beobachten, um zu sehen, welche Aktivitäten der Kinder bildungsrelevant für Naturwissenschaften sind. Darüber hinaus müssen sie einschätzen können, wie sie die naturwissenschaftlichen Themen der Kinder durch die Bereitstellung entsprechender Materialien, durch Fragen an das Kind und ggf. durch das Aufgreifen in Angeboten und Projekten weiter unterstützen können. Diese Form naturwissenschaftlicher Bildung kann nicht direkt - z.B. mit Hilfe von Experimentierkarten - geübt, sondern nur indirekt über Fallbeispiele und entsprechende Diskussionen vermittelt werden. Hierfür wird eine akademische Ausbildung als wichtig angesehen.

Bei den Gründen spielt bei allen Typen das Interesse der Kinder eine wichtige Rolle. Die Ausbildungstypen mit fachwissenschaftlichen oder fachdidaktischen Kenntnissen werden vornehmlich mit den Bildungsplänen begründet. Bei den Typen mit Kenntnissen zum frühkindlichen Lernen oder anderen Kenntnissen im Zusammenhang mit Naturwissenschaften werden vornehmlich die bei den Kindern bereits vorhandenen notwendigen Denkkapazitäten als Grund genannt.

Literatur

- Haus der kleinen Forscher (o.J.). In <http://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/forschen/praxisideen-experimente/> [28.5.2012]
- Lück, G. (2009a). Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung. Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen. Neuaufgabe, Freiburg: Herder
- Lück, G. (2009b). Forschen mit Fred – Experimentierfreunde 1/2 – Experimentieren, Beobachten, Begreifen. Oberursel: Finken-Verlag
- Mayer, J. (1992). Formenvielfalt im Biologieunterricht. Kiel: IPN, 132
- Schäfer, G. E. (1995). Bildungsprozesse im Kindesalter – Selbstbildung, Erfahrung und Lernen im frühen Kindesalter. Weinheim und München: Juventa
- Schäfer, G. E. (2009a). Prinzipien und didaktische Elemente - Eine Zusammenfassung. In Schäfer, G. E.; Alemzadeh, M.; Eden, H.; Rosenfelder, D.. Natur als Werkstatt. Weimar, Berlin: Verlag das Netz
- Schäfer, G. E. (2009b). Frühe Wege ins Naturwissen. In Schäfer, G. E.; Alemzadeh, M.; Eden, H.; Rosenfelder, D.. Natur als Werkstatt. Weimar, Berlin: Verlag das Netz

Gute Aufgaben für Forschendes Lernen im experimentierenden Sachunterricht

Gute Aufgaben

Der Begriff „Gute Aufgaben“ setzt sich immer mehr durch für ein Verständnis von Aufgaben, die Kompetenzen in den Blick nehmen und individualisierende Lernformen und damit ein schülerorientiertes Lernen ermöglichen (vgl. Adamina 2010, Peschel 2012). Adamina (2010) kennzeichnet gute Aufgaben mit folgenden Merkmalen, die auf die Förderung von Kompetenzen ausgerichtet sind und vielfältige Lernmöglichkeiten bieten. Diese Aufgaben

- knüpfen an Erfahrungen von Vorwissen der Lernenden an
- sind in sinnstiftende und emotionale Kontexte eingebunden
- erschliessen Neues und führen zu sachbezogenen Konzepten
- fördern und fordern Denken und Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten
- ermöglichen verschiedene Zugangsweisen sowie Lern- und Lösungswege
- fördern Kreativität und ungebundenes Nachdenken
- sind inhaltlich klar und zielbezogen formuliert
- beinhalten Materialien und Informationen, die für die Bearbeitung wichtig sind
- erlauben eine natürliche Differenzierung unter den Lernenden.

Allerdings erfüllen nicht alle als gut ausgewiesenen Aufgaben diese Kriterien, die hier beispielhaft beschrieben sind. So werden Aufgaben häufig unter dem programmatischen Schlagwort als „gut“ ausgewiesen und damit ein innovatives Verständnis suggeriert, das mit einem vertieften Blick in die Gestaltung so nicht immer haltbar ist. Die Diskussion über die Güte von Aufgaben muss daher differenziert geführt werden, denn die Forderung nach einem intensiven Lernen der (einzelnen) Schüler und Schülerinnen (SuS) findet sich entsprechend auch in „herkömmlichen“, eher wenig innovativen Aufgaben. Die Erarbeitung von Kriterien für innovative Ansätze mit entsprechender Dimensionierung sowie ein differenzierter Blick auf Aufgabenformate ist somit eine zentrale Aufgabe der Didaktiken.

Forschendes Lernen

Im Sachunterricht wird der Begriff vom Forschenden Lernen meist im Zusammenhang mit Themen aus den Naturwissenschaften gebraucht, da dort das Explorieren und Erforschen von unbekanntem Strukturen durch SuS eine wesentliche Methode der Näherung an einen Lerngegenstand ist. Dabei sollte thematisiert werden, inwiefern die SuS tatsächlich forschen, also eigenständig entdecken und sich intensiv auseinandersetzen, können. Meist stecken vorformulierte Aufgabentexte mit klaren Erwartungen oder gar Durchführungsanleitungen dem Forschen der SuS enge Grenzen. Aber auch bislang eher unbeachtete Aspekte wie Material, Materialdarbietung und -auswahl ermöglichen (oder verhindern) ein eigenständiges Auseinandersetzen der SuS mit ihren eigenen Fragen bzw. ihren Phänomenen.

Forschendes Lernen im Sinne eines genetischen Lernens nach Soostmeyer (2002) erfordert neben einem vertieften Interesse sowohl die räumliche und zeitliche wie auch materielle Flexibilität, damit SuS intensiv „richtig“ Forschen können. Sie erwerben die Fähigkeit, Hypothesen zu entwickeln, erarbeitete Erkenntnisse zu reproduzieren und gelangen ggf. zu quantitativen oder halbquantitativen Aussagen. Dazu nutzen sie etablierte Verfahren, wie z.B. gezielte Variablenänderung, um zu detaillierten Aussagen im Erkenntnisprozess zu gelangen. Ziel ist es, qualitative Aussagen („Dies ist warm“) über Vergleiche („dies ist wärmer als das“) bis hin zu einer messbaren Größe („dieses hat xx Grad Celsius“) zu entwickeln. Mit einem Austausch der gemachten Beobachtungen in der Gruppe wird den Kindern schon früh die notwendige Intersubjektivität in Form von prüfbar mess-

ergebnissen vermittelt, die diese in dem eigenständigen und forschenden Unterricht weiterentwickeln können. Die (genaue bzw. zunehmend genaue) Beobachtung, der Austausch der Beobachtungen sowie die Fassung der Erkenntnisse in prüfbar Ergebnisse, die nachvollziehbar sind, sind dabei zentrale Aspekte der Erkenntnisgewinnung in einem forschend orientierten Sachunterricht.

Experimente im Sachunterricht

Die Experimentierkompetenz von SuS im Sachunterricht ist in einigen Studien erforscht (vgl. u.a. Lück 2000, Möller 1999/2002; Köster 2006). Das m.E. wesentliche gemeinsame Merkmal dieser Forschungen ist, dass Kinder sehr bewusst und kontrolliert eigenen Ideen nachgehen und Schlüsse aus eigenständiger Beschäftigung mit einem Lerngegenstand gewinnen können.

Inwiefern in diesem Prozess Strukturierungshilfen im Sinne der Erkenntnisgewinnung erforderlich und hilfreich sind, wird unterschiedlich bewertet und – je nach Intention der Lernsequenz – different beantwortet. Strukturierte Hilfen unterstützen die SuS in dem zielgerichteten Erwerb von Erkenntnissen aus Experimenten und schaffen eine Möglichkeit der Steuerung zwischen Konstruktion und Instruktion. Köster (2006) zeigt dabei, dass Kinder auch mit wenigen Vorgaben belastungsresistentes Wissen und Können erwerben können.

Bei der Definition von Experimenten wird immer von einem elaborierten Experimentierverständnis aus wissenschaftlichen Disziplinen und/oder einem Fachverständnis der Ober- und Mittelstufe ausgegangen. Nur wenige Studien – wie das Projekt „Vom impliziten zum expliziten Weltwissen“ von Fischer et.al. (2010) – erheben explorativ die Kompetenzen von (Vor-)SchülerInnen bzgl. ihres Experimentierverständnisses.

Aufgabenentwicklung im Grundschullabor für Offenes Experimentieren

Nach Grygier und Hartinger (2009) steht das Experimentieren im Mittelpunkt von guten Aufgaben für den naturwissenschaftlich orientierten Sachunterricht, da es die zentrale Methode des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns ist. Die Aufgaben sollten eigenaktives und selbstständiges Arbeiten ermöglichen und auf naturwissenschaftlich relevante Verfahren und Kompetenzen zurückgreifen. Wenn es nun um die Entwicklung von solchen kompetenzfördernden Aufgaben geht, stellt sich die Frage, wie sich Handlungs- und Erkenntnisschritte an die SuS abgeben lassen, damit sie konstruktiv ihren Fragen und Ideen nachgehen können. Meist werden den SuS im Sachunterricht vorgefertigte Aufgabensammlungen zu einem bestimmten Thema, z.B. Werkstatt Strom, Werkstatt Magnetismus, Wasser etc. angeboten, die im Sinne des Werkstattgedankens ein eigenständiges Experimentieren erlauben sollten. Bei genauerer Betrachtung sind in den meisten Werkstätten Elemente der Öffnung, die forschendes Lernen ermöglichen, nur begrenzt vorhanden. Es handelt sich in der Regel um „angeleitetes Versuchedurchführen“ (ebd.), die ggf. organisatorische Öffnungselemente enthalten.

Wie aber müssen Werkstätten gestaltet sein, um Qualitätsanforderungen nach guten und ggf. offenen Aufgaben zu erfüllen? Im Grundschullabor für Offenes Experimentieren (GOFEX, vgl. Schumacher & Peschel, 2013, in diesem Band) wurden mit Studierenden in einem zirkulären Prozess zwischen fachwissenschaftlichem und fachdidaktischen Studium sowie Einsatz im Unterricht in der Schule (und Kindergarten) Experimentieranleitungen weiterentwickelt, die sich – im Stufenmodell des GOFEX – für die Öffnungsstufe 1 und 2 eignen.¹ Dabei waren folgende Kriterien leitend:

¹ Weitere Entwicklungen für die höheren Öffnungsstufen sind ebenfalls erfolgt, nur ist die Vermittlung als Werkstatt mit einer vornehmlich organisatorischen Öffnung (vgl. Peschel, F 2010) nicht im Sinne des weiter geöffneten Experimentierens.

- Die Aufgabe erlaubt ein selbstständiges Bearbeiten bzw. Lernen: Gestaltung des Aufgabenblattes mit klarer Priorisierung und Strukturierung, Text in Quantität und Qualität an Lernende angepasst (Schriftgröße und -art), Wortschatzarbeit und Fachvokabularaufbau, Bilder und/oder Zeichnungen unterstützen das Verständnis bzw. entlasten den Textumfang.
- Die Aufgabe erlaubt die Entwicklung von fachlicher Kompetenz: Der Titel soll nicht den Lerninhalt vorwegnehmen, Aufforderung oder Frage in der Aufgabe (ohne Frage oder Aufforderung wird das Ziel der Aufgabe häufig aus den Augen verloren), fachliche Richtigkeit (hier Spannungsfeld zwischen fachlicher Richtigkeit und didaktischer Vereinfachung), Berücksichtigung fächerübergreifende Aspekte.

Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Lehrpersonen bzgl. des naturwissenschaftlich orientierten Teils des Sachunterrichts i.d.R. fachfremd unterrichten und keine Ausbildung bzgl. des Experimentierens erhalten haben (vgl. Peschel 2010). Dies ist umso wichtiger, da nach Wittmann (1996) bei geöffneten Aufgaben eine höhere fachliche Expertise der Lehrperson notwendig ist. Eine Einschätzung der Lösungswege von SuS wird schwieriger, wenn kein klarer Lösungsweg vorgegeben ist. Ferner müssen Antworten der SuS individuell geprüft und bewertet werden, was einen höheren Korrekturaufwand bedeutet, vor allem, wenn man nicht-zielführende Lösungsansätze und -wege der Lernenden produktiv einschätzen möchte, was ein zentrales Ziel der Öffnung des Experimentalunterrichts bedeutet.

Literatur

- Adamina, M. (2010). Mit Lernaufgaben grundlegende Kompetenzen fördern. In Labudde P. (Hrsg.): Fachdidaktik Naturwissenschaft 1.-9. Schuljahr. UTB 3248. Bern, Haupt, 117-132
- Fischer, H.-J.; Antal, S.; Barabási, T. et. al (2010). Natur und Technik in frühen Bildungsprozessen. NATUR-BILD. Die Naturphänomene Luft und Wasser. Handbuch Teil 1: Pädagogische Förderung. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren
- Grygier, P. & Hartinger, A. (2009). Grundschulkind als Forscher. Auf dem Weg zum naturwissenschaftlichen Experiment. Teil 2: Versuche durchführen Grundschulmagazin, 77 (5), 51-54
- Köster, H. (2006). Freies Explorieren und Experimentieren - eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht. Logos: Berlin
- Lück, G. (2000). Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. Untersuchungen zur Primärbegegnung von Vorschulkindern mit Phänomenen der unbelebten Natur. In Naturwissenschaften und Technik – Didaktik im Gespräch. Bd. 33. Münster: LIT
- Möller, K. (1999). Verstehendes Lernen im Sachunterricht - Wie kommt es, dass ein Flugzeug fliegt? In Brechel, R. (Hrsg.), Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Alsbach/Bergstraße: Leuchtturm, 164-166
- Möller, K. (2002). Technisches Lernen in der Grundschule - Wege zum konstruktiven Denken im Sachunterricht. Grundschule, 34 (2), 51-54
- Peschel, F. (2010). Offener Unterricht. Bd. 1: Idee, Realität, Perspektive und ein praxiserprobtes Konzept zur Diskussion. Teil I: Allgemeindidaktische Überlegungen. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren
- Peschel, M. & Hermann, C. (2010): Materialnutzung im Sachunterricht – Einflüsse des Materials auf die physikalischen Anteile des Sachunterrichts. In Höttecke, D. (Hrsg.): Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Berlin: LIT
- Peschel, M. (XXXX). Gute Aufgaben im Sachunterricht. Offene Werkstätten = Gute Aufgaben? In Kosinar, J. und Carle, U.: Aufgabenqualität in Kindergarten und Grundschule. Grundlagen und Praxisbeispiele. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 161-172
- Soostmeyer, M. (2002). Genetischer Sachunterricht. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren
- Wittmann, E. (1996). „Offener Mathematikunterricht in der Grundschule – vom FACH aus“. Grundschulunterricht 43, 3-7

**Langzeituntersuchung Lernen an interaktiven Exponaten -
Interessengnese an offenen Experimentierstationen im Projekt
Miniphänomenta**

Bildungsinterventionen, ob nun unterrichtliche Maßnahmen, Bildungsprogramme oder Projekte, setzen - bewusst oder unbewusst - häufig beim Interesse der Schülerinnen und Schüler an. Der Grund erscheint trivial, denn nicht nur für den Unterricht gilt: Ohne Interesse kann kein nachhaltiger Lernprozess stattfinden. Der Interessenbegriff ist auch für die Beurteilung des Primarstufeninterventionsprojektes "Miniphänomenta" ein zentraler Punkt.

Der lateinische Begriff des Interesses leitet sich von dem „in Mitten sein“, der Verbundenheit mit einem Gegenstand, ab. Interessen zeigen sich schon im Kleinkindalter als kindliche Neugier, eine „aktuelle Aktivierung und Zuwendung zu einem Gegenstand [oder] einer Situation mit starkem Anreizcharakter“ In der POI (person-object-theory) der Münchner Gruppe um Krapp, wird das Interesse als mehr oder weniger ausgeprägte Beziehung zwischen Personen und Objekten beschrieben (Krapp, 2000). Aus einem Situationsreiz, einer Interessantheit, kann in einem längerem Prozess bei günstigen Bedingungen ein überdauerndes, gefestigtes Interesse an einem Gegenstand, einer Tätigkeit, o.ä. entstehen (Mitchell, 1993) Dabei spielen weitere Komponenten, wie die eigene Einstellung zum Gegenstand oder z.B. in Schulfächern das eigene Selbstbild im Fach eine Rolle. Darüber hinaus ist bekannt, was Interessen im Unterricht fördern kann. Deci und Ryan beschreiben competence, autonomy und relatedness als drei grundlegende Bedingungen („basic needs“) der Interessengnese (Deci & Ryan, 1985). Das Projekt Miniphänomenta nutzt diese Erkenntnisse und gibt im Ansatz viel Freiraum für eigenes Handeln ohne Fremdbestimmung (Fiesser, 2010).

In der Flensburger Studie „Interessengnese durch Interaktion“ wurden 2000 Schülerinnen, Schüler und Eltern an vier Grund- und 10 weiterführenden Schulen, die über mehrere Jahre am Projekt Miniphänomenta teilgenommen haben, in Bezug auf ihr Interesse an Inhalten und Tätigkeiten der Physik, ihre Einstellung und ihr Selbstkonzept untersucht (Sommer, 2010).

Die Teilnehmer der Studie wurden in einem zweistufigen quasiexperimentellen pre/post Design mit follow-up Erhebungen sowie baseline und single post Design mit baseline empirisch untersucht. Die Studie bezieht sich im Wesentlichen auf die psychologischen Variablen [Themenbezogenes Interesse], [Freizeitinteressen], [Tätigkeitsinteressen], [Einstellungsvalenz], [Einstellungszugänglichkeit] und [fachbezogene Selbstkonzepte]. Gefolgt wird dabei Modellen und psychologischen Konstrukten, wie der „*person-object-theory of interest*“ nach Krapp, dem „*multicomponent model of attitude*“ nach Eagly und Chaiken oder dem „*multidimensional hierarchical model of self-concept*“ nach Shavelson und Marsh (Marsh, 2005). In Anlehnung an die Kieler Interessenstudie (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Daniels, 2008) werden speziell Freizeitobjekte, physikalische Themenbereiche und physikalische Tätigkeiten untersucht. An Hand pilotierter, selbst- und weiterentwickelter, likertskaliertes Onlinefragebögen, semantischen Differentialen, Einstellungsbilderbögen, Computerprogrammen, Antwortreaktionszeitmessungen und Briefumfragen wurde ein umfangreiches Bild über die Wirkungsweise der Miniphänomenta in zwei Stichprobenclustern erstellt.

Ebene 1 bilden dabei Schülerinnen und Schüler, die die Miniphänomente für zwei Wochen lang in der vierten Klassenstufe an ihrer Schule hatten. Dieser Ansatz gibt ein stark kontrolliertes, von Störvariablen befreites Bild, das allerdings nur einen geringen Wirkungszeitraum betrachtet. Ebene 2 bilden die Schülerinnen und Schüler, die die Miniphänomente über 4 Jahre an ihrer Grundschule erleben konnten. Dieser Ansatz betrachtet einen typischen Wirkungszeitraum, der aber auch größeren Störeinflüssen (z.B. andere Interventionen) ausgesetzt sein kann.

Auf Ebene 1 zeigt sich eine einfache Auswirkung der Miniphänomente auf die untersuchten abhängigen Variablen. Schülerinnen und Schüler, die über zwei Wochen am Projekt Miniphänomente teilgenommen haben, zeigen auch längere Zeit danach ein größeres naturwissenschaftliches Interesse als Schülerinnen und Schüler, die nicht am Projekt teilgenommen haben. Speziell über kurze Zeiträume zeigen sich Unterschiede zu Mitschülern, die sich allerdings im Laufe eines halben Jahres angleichen. In der 5. Klassenstufe zeigen diese Schülerinnen und Schüler weiterhin ein deutlich höheres Interesse an Tätigkeiten, die mit Forschen, Experimentieren und Physikinhalt in ihrer Freizeit zu tun haben. Die Mittelwerte der Variablen zeigen sich signifikant verschieden zu den Kontrollgruppen.

Auf Ebene 2 muss in zwei Klassenstufen unterschieden werden; die fünfte und sechste Klasse. Untersuchte Schülerinnen und Schüler haben das Projekt Miniphänomente 3-4 Jahre in ihrer Schule erlebt. In Klasse 5 zeigt sich vor allem das Interesse an Tätigkeiten, die mit Forschen, Experimentieren und Physikinhalt in der Freizeit hoch bis höchstsignifikant verändert. In Klasse 6 gilt dies analog. Die Schülerinnen und Schüler geben in den Umfragen speziell häufiger an, dass sie sich in ihrer Freizeit mit naturwissenschaftlichen Inhalten z.B. Fernsehsendungen auseinandersetzen und sich mit Freunden in ihrer Freizeit über die Naturwissenschaften und Technik auszutauschen.

Empirisch lassen sich diese deutlichen Veränderungen mit Effektstärken nach Cohen ausdrücken. Für alle beschriebenen Veränderungen gilt: Die Miniphänomente hat auch noch in der 5. und 6. Klassenstufe einen mittleren Effekt auf das Interesse an Forschen, Experimentieren und Freizeitinteressen!

Zusätzlich wurden in der sechsten Klassenstufe weitere Variablen erhoben. Es zeigt sich, dass sich das Interesse der Schülerinnen und Schüler an Themen der Physik mit leichtem Effekt verändert. Die Einstellung zum Fach Naturwissenschaft zeigt sich mit mittlerem Effekt verändert. Schülerinnen und Schüler beschreiben den Begriff „Naturwissenschaft“ deutlich häufiger mit den Wörtern „nutzbringend, verständlich, begeisternd, spontan, wichtig und interessant“ und vor allem weniger „anstrengend“ als Mitschüler, die nicht mit der Miniphänomente in der Grundschule gearbeitet haben. Darüber hinaus zeigt sich in der 6. Klassenstufe, dass Schülerinnen und Schüler, die über mehrere Jahre am Miniphänomente-projekt teilgenommen haben, sich deutlich positiver in Ihren Leistungen im naturwissenschaftlichen Fach einschätzen als ihre Mitschüler - ihr fächerspezifisches Selbstkonzept ist höchstsignifikant verändert gegenüber anderen Mitschülern, was einem sehr starken Effekt über dem Wert 1 entspricht.

Deutlich zu erkennen ist, dass starke Ausprägungen sich nur bei hoher Intensität des Projekts zeigen, also wenn die Schülerinnen und Schüler über einen Zeitraum von mehreren Jahren am Projekt teilnehmen konnten. Die Wirksamkeit der Miniphänomente ist also stark an die Dauer des Projekts an den Schulen gekoppelt.

Es bestätigt sich: Will man latente Persönlichkeitsmerkmale, wie Interessen und Einstellungen nachhaltig verändern, nützt der einmalige Anreiz nur wenig; es muss, wie es schon

Mitchell beschreibt zu „hold“ Angeboten kommen, die z.B. das geweckte Interesse weiter unterstützen (Mitchell, 1993). Deskriptive Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler aus dem Miniphänomena Projekt untermalen dies.

Ohne externe Beurteilung und Kontrolle, allein durch Auseinandersetzung mit offenen Experimentierstationen, können Schülerinnen und Schüler zu Kompetenzgewinn kommen (Holst, 2005; Sauer, 2005; Asmussen, 2007) und dabei Interessen und motivationale Komponenten stärken (Sommer, 2010). Welche Faktoren die Veränderungen hervorrufen, wird aktuell in weitergehenden Videountersuchungen genauer betrachtet.

Literatur

- Asmussen, S. (2007). Interaktives Lernen an Stationen im Primarbereich – eine zweistufige quasiexperimentelle Evaluationsstudie der Langzeitwirksamkeit eines naturwissenschaftlichen Bildungsprojektes, Dissertation Flensburg
- Daniels, Z. (2008). Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter, Münster
- Deci, E. & Ryan, R. (1985) Intrinsic motivation and self-determination in human behavior. New York
- Fiesser, L. (2010). MINIPHÄNOMENTA: 52 spannende Experimente für den Schulflur und das Klassenzimmer. Hamburg
- Hoffman, L., Häußler, P., Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN
- Holst, S. (2005). Entwicklung und Evaluation interaktiver Experimentierstationen, Dissertation Flensburg
- Krapp, A. (2000). Interest and Human Development During Adolescence: An Educational-Psychological Approach. In Heckhausen, Jutta. (Hrsg.): Motivational Psychology of Human Development. London
- Marsh, H. (2005). Self-concept theory, measurement and research into practice: The role of self-concept in educational psychology. Oxford
- Mitchell, M. (1993/85). Situational Interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom in Journal of Educational Psychology
- Sauer, F. (2005). Der Einfluss offener Experimentierstationen auf das naturwissenschaftlich-technische Lernen im Primarbereich. Dissertation Flensburg
- Sommer, S. (2010). Interessengenese durch Interaktion – Das Interventionsprojekt MINIPHÄNOMENTA in quasiexperimenteller Langzeitevaluation, Dissertation Flensburg

Naturwissenschaftliche Problemlöseaufgaben für interessierte und begabte Grundschul Kinder

Das CHEMOL-Projekt der Universität Oldenburg besteht nun seit zehn Jahren und wird mit ungebrochener Begeisterung von Schulklassen, Studierenden und Lehrkräften angenommen. Dabei versteht sich das Projekt als Möglichkeit zur Breitenförderung und hat sich das „Heranführen von Grundschulkindern an die Chemie und Naturwissenschaften“ zum Ziel gesetzt. An zwei Vormittagen in der Woche experimentieren Kinder einer Klasse unter Anleitung von betreuenden Studierenden in Kleingruppen zu den Themenkreisen Feuer, Wasser, Erde und Luft.

Neben Kindern im Labor und der Ausbildung der Studierenden stellen Fortbildungen für Lehrkräfte die dritte Säule des Projektes dar.

Laut Stapf (2008) sind für begabte Menschen komplexe Probleme und Zusammenhänge herausfordernder als das Abarbeiten von Routinen. Speziell für naturwissenschaftlich interessierte und begabte Kinder scheint es jedoch wenige geeignete Fördermöglichkeiten zu geben.

Daher wurde das CHEMOL-Projekt um ein Enrichment-Programm erweitert, in dem geeignete differenzierbare Aufgaben für Grundschul Kinder entwickelt und erprobt werden sollen.

Auch hier stehen Experimentalaufgaben im Fokus, die jedoch zum Zwecke der Differenzierbarkeit für leistungsheterogene Lerngruppen geöffnet werden sollen, um so im Sinne der Begabungsförderung eingesetzt zu werden.

Die erprobten und als geeignet empfundenen Aufgaben sollen in weiterer Folge wiederum über die Säule der Lehrerfortbildung an Lehrkräfte weitergegeben werden.

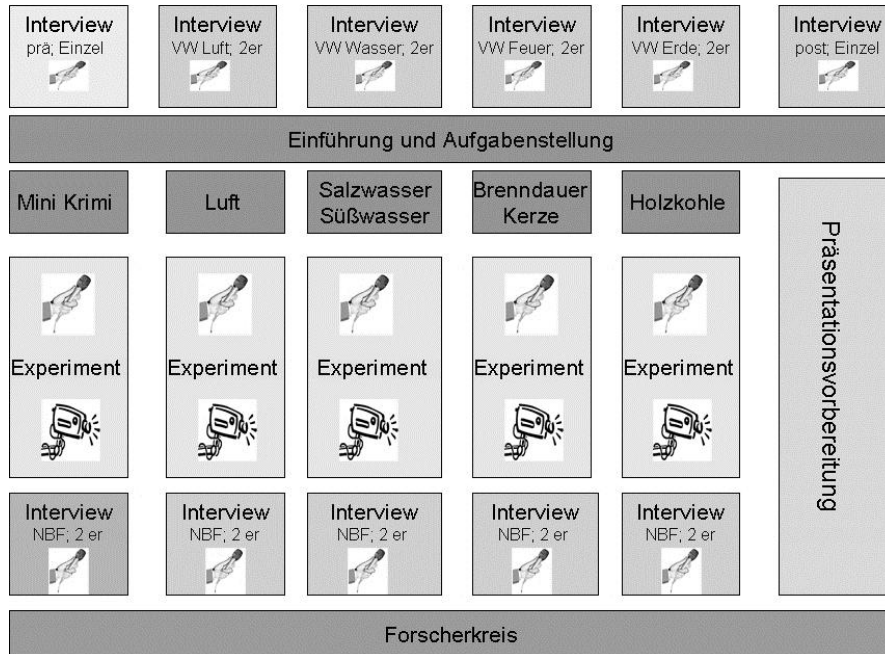
CHEMOL-Enrichment

Das Enrichment-Programm richtete sich in der Pilotphase an naturwissenschaftlich interessierte und begabte Kinder der 3. und 4. Klasse, die an sechs Nachmittagen an der Universität zu ausgewählten Problemstellungen experimentieren sollen. Der erste und letzte Termin hatten hauptsächlich organisatorischen Charakter bzw. dienten der Prä- bzw. Postbefragung der Kinder zu ihren Interessen, Vorerfahrungen und Erwartungen hinsichtlich des Projektes im Einzelinterview.

Die Aufgabenstellung am ersten Labortag hatte die Funktion sowohl Kinder als auch Betreuer auf die spezielle Situation des *problemlösenden Arbeitens* einzustimmen. Die Problemlöseaufgaben zu den vier Themenkreisen Feuer, Wasser, Erde und Luft wurden basierend auf der CHEMOL-Mappe erstellt und zum Teil mit gestuften Hilfen versehen. Dabei sollte die Schwierigkeit der Aufgaben mit zunehmender Projektdauer ansteigen.

Während der Experimentierphase wurden die Kinder von speziell geschulten Studierenden des Lehramtes betreut, die bereits im Vorfeld im regulären CHEMOL-Projekt mitwirkten und daher mit der Experimentiersituation und der Betreuung von Kindern im Labor vertraut waren. Diese führten auch die Vorwissensinterviews (VW) bzw. die Nachbefragungen (NBF), die in der Regel im Zweierteam erfolgten, durch.

Den konkreten Ablauf des Gesamtprojektes soll folgende Skizze verdeutlichen:



Labortag

Jeder Labortag startet mit einem kurzen Interview um vorhandenes Vorwissen zu dem Themenkreis des Tages im Vorfeld abzufragen. Es folgte das Treffen im Forscherkreis, in dem die konkrete Aufgabe bzw. die Problemstellung bekannt gegeben wurden. Zur Bearbeitung der Aufgaben im Labor erhielten die Kinder Schutzkittel, Schutzbrille und ein Arbeitsblatt, das neben der Aufgabenstellung auch noch Raum für Notizen bot.

In etwa 50 Minuten wurde die jeweilige Aufgabe experimentell bearbeitet. Währenddessen stand pro Zweiergruppe ein geschulter Betreuer zur Verfügung, von dem die Kinder Material und Hilfe anfordern konnten.

Das Material stand für jede Gruppe in einer „Materialkiste“ zur Verfügung. Je nach Schwierigkeitsgrad der Aufgabe war die Kiste vollständig oder teilweise einsehbar. Darüber hinaus konnten die Kinder Material anfordern, um eine konkrete jedoch sinnvoll begründete Idee zu verfolgen.

Die Arbeit im Labor wurde mit Audio- und Videogeräten aufgezeichnet, um für eine spätere Auswertung zur Verfügung zu stehen.

Nach Abschluss der Experimentierphase wurden die Ergebnisse von den Kindern im Forscherkreis zusammengetragen, vorgestellt und diskutiert. Auf diese Weise sollen sich die Kinder als „Forscherteam“ über ihre Vorgehensweise austauschen und beraten, sowie zu einem gemeinsamen Ergebnis gelangen. So soll die Funktion des Experiments zur Beantwortung einer konkreten Fragestellung bzw. eines Problems herausgestrichen werden.

Der letzte Labortag wurde für das Abschlussinterview (post-Test) und zur Vorbereitung einer Präsentation genutzt.

Ergebnisse

Das Enrichment-Programm wurde und wird nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet, die im Folgenden vorgestellt werden sollen.

Die Interviews aus Prä- und Post-Test sowie aus den Vorwissensbefragungen gaben Auskunft hinsichtlich Eignung des Projektes zur Interessens- und Begabungsförderung und schließlich über den Erfolg des Projektes. Dazu wurden die zahlreichen Interviews mit den Kindern, aber auch Fragebögen an die Eltern herangezogen (Dierkes, 2011).

Es konnte festgestellt werden, dass das bereits hohe vorhandene Interesse an den Naturwissenschaften durch das Enrichment-Programm weiter gesteigert werden konnte. Dies lässt auf ein geeignetes Anspruchsniveau der Aufgaben schließen. Besonders hervorgehoben wurde jedoch die Möglichkeit zum *selbstständigen Experimentieren* in Bezug auf das Erproben *eigener Ideen* zur Problemlösung. Somit konnte auch das *Autonomieerleben* und das *strukturierte Arbeiten* unterstützt werden.

Das Projekt insgesamt wurde von allen beteiligten Personen, sowohl im Ablauf als auch in der Organisation, als sehr positiv empfunden.

Die Einschätzung der Aufgabenschwierigkeit erwies sich jedoch als nicht immer korrekt. So war die Aufgabe zum Themenkreis „Luft“ (Auffangen und Untersuchen von Brausegas) als schwieriger empfunden worden. Eine mögliche Ursache könnte darin liegen, dass Gase und der Umgang mit Gasen für Kinder schwer fassbar sind. Bei dieser Aufgabe war daher viel Unterstützung seitens der Betreuer notwendig (Steinbrenner, 2011).

Beim Themenkreis „Erde“ (Herstellung von Holzkohle) zeigte sich, dass die Aufgabe nicht nur als schwierig eingestuft und empfunden wurde, sondern dass diese aufgrund der geringen Anzahl an sinnvollen Lösungswegen und der Untauglichkeit für einen Einsatz in der Schule noch einmal überarbeitet werden muss, um auch außerhalb des Projektes sinnvoll eingesetzt werden zu können (Steinbacher, 2011).

Insgesamt konnte eine hohe Nachhaltigkeit auch bei jenen Aufgaben festgestellt werden, die von den Kindern als eher oder sehr schwierig benannt wurden. Dies zeigte sich in der Postbefragung sowie am Präsentationstermin drei Monate nach Beendigung des Projekts, an dem die Kinder ihre Ideen und Experimente zu den Problemstellungen vor Publikum noch einmal vorführen konnten.

In der aktuellen Auswertung wird der Fokus auf Problemlöseprozesse bei der Aufgabebearbeitung gelegt, hier sollen auch konkrete Lösungswege und mögliche Stolpersteine anhand des Videomaterials untersucht werden. Die Analyse von Schülergesprächen und ihre Effekte auf die Problemlöseprozesse runden dieses Bild ab.

Literatur

- Dierkes M. (2011). Evaluation des Enrichmentprogramms für Grundschul Kinder der 3. und 4. Klasse hinsichtlich Eignung zur Interessens- und Begabungsförderung. Unveröffentlicht
- Jansen W. (Hrsg.) (2007). Chemol – Heranführen von Kindern im Grundschulalter an Chemie und Naturwissenschaften. 4. Auflage. Verden: Lührs & Röver
- Stapf, A. (2008). Hochbegabte Kinder: Persönlichkeit, Entwicklung, Förderung. Beck-Verlag
- Steinbrenner L. (2011). Entwicklung und Evaluation von Problemlöseaufgaben für Grundschul Kinder zum Thema Luft. *unveröffentlicht*
- Steinbacher K. (2011). Entwicklung und Evaluation von Problemlöseaufgaben für Grundschul Kinder zum Thema Erde. *unveröffentlicht*

Bewertungskompetenz – eine Schulbuchanalyse

Problemaufriss

Als ein Baustein für Verbesserungen im deutschen Schulsystem wurden sogenannte Bildungsstandards für die einzelnen Fächer konzipiert und mit entsprechenden Kompetenzen hinterlegt. In diesem Zusammenhang erfolgte auch die Definition der KMK Bildungsstandards für das Fach Physik (siehe KMK, 2005). Bei Verabschiedung der Bildungsstandards haben alle Bundesländer zugesichert, die in dem Beschluss angegebenen Kompetenzen als Grundlage für ihre landesspezifische Bildungspolitik zu nutzen. Zwar gibt es in jedem Bundesland unterschiedliche Interpretationen der Bildungsstandards, jedoch wurden nach und nach die rechtlichen Grundlagen für eine Umsetzung geschaffen.

Nach sieben Jahren ist es interessant zu sehen, inwiefern der bildungspolitische Wille Eingang in den Schulalltag gefunden hat. Exemplarisch werden unter dem Fokus der Bewertungskompetenz zwei Bundesländer näher betrachtet: Baden-Württemberg und Niedersachsen. In Baden-Württemberg wurde 2004 mit den Bildungsplänen (Ministerium für Kultus 2004) bereits vor Veröffentlichung der KMK-Standards eine Umstrukturierung in Form von Kompetenzen und Kontexten vorgenommen. Drei Jahre später verabschiedete Niedersachsen neue Landesvorgaben, die Kerncurricula (Niedersächsisches Kultusministerium 2007). Egal ob es sich um Bildungspläne oder Kerncurricula handelt, sie verfolgen ein Ziel: die Brücke zwischen den bundeseinheitlichen Vorgaben und den tatsächlich vor Ort zu unterrichteten Inhalten sowie Kompetenzen zu schlagen.

Welche Veränderungen im Schulalltag haben sich mit der Einführung der Bildungsstandards ergeben? Haben die formulierten Standards und Kompetenzen eine Änderung in der Unterrichtsgestaltung bewirkt? Eine Möglichkeit, Auskunft über derartige Fragestellungen zu erhalten, besteht darin Schulbücher zu analysieren. Mikelskis argumentiert, dass Schulbücher ein wichtiges Handwerkszeug für Lehrkräfte im Schulalltag darstellen. Sie dienen mit ihren Aufgaben und Versuchen oftmals als Grundlage für den Unterricht und für das selbstständige Arbeiten der Schüler (vgl. Mikelskis, 2006). Ferner orientieren sich die Schulbücher an den jeweiligen Landesvorgaben und können somit als Bindeglied zwischen den Bildungsplänen bzw. Kerncurricula und der Unterrichtsebene angesehen werden. Härtig bezeichnet sie als ein Indikator für den Umfang von Kompetenzorientierung bei der Unterrichtsplanung (Härtig 2010, S. 25f.).

Schulbücher als Bindeglied zwischen Lehrplänen und Unterricht

Im Rahmen seiner Studie untersucht Härtig, ob sich der Aspekt der Inhaltsvalidität von Testaufgaben mit Hilfe einer Sachstrukturanalyse von Schulbüchern abbilden lässt. Dabei geht er von der These aus, dass sich aus Schulbüchern ein Rückschluss auf die Unterrichtsebene ziehen lässt. In einer Befragung von Lehrkräften bezüglich der Quellen für ihre Unterrichtsvorbereitung stellt sich heraus, dass Schulbücher ebenso wie Internetseiten und der Austausch von Material mit Kollegen häufig für die Vorbereitung genutzt werden. Lediglich das eigene Vorwissen und die eigenen Erfahrungen werden von den Befragten öfter herangezogen.

Valverde et al. (2002) weisen den Schulbüchern ebenfalls die Rolle als Bindeglied zwischen dem intendiertem Curriculum, also den rechtlichen Vorgaben, und dem implementierten Curriculum, also dem was konkret in der Schule gelehrt wird, zu. Sie argumentieren, dass rechtliche Vorgaben wie z.B. nationale Bildungsstandards keine konkreten Handlungsanweisungen enthalten, wie sie im Unterricht umzusetzen sind. Nach der Ansicht

von Valverde et al. übernehmen Schulbücher diese Aufgabe, da sie konkrete Handlungsanweisungen liefern und sich dabei an den Vorgaben orientieren. Demzufolge können die Schulbücher der Mediator zwischen intendiertem und implementiertem Curriculum sein (Valverde et al. 2002, S. 10). Valverde et al. stellen eine Verknüpfung nicht nur zwischen Standards und Büchern, sondern auch zwischen Büchern und Unterricht her.

Bewertungskompetenz und Kriterien für deren Zuordnung

Da in der Studie untersucht werden soll, welchen Anteil Bewertungsaufgaben in aktuellen Schulbüchern haben, liegt es nahe, den Begriff der Bewertungskompetenz näher zu beleuchten. Für die Schulbuchanalyse werden die Ausführungen der KMK-Bildungsstandards herangezogen. Jedoch ermöglichen diese Ausführungen es nicht, trennscharfe Kriterien für Schulbuchaufgaben zu formulieren. Demzufolge ist es sinnvoll, hier Ergänzungen durch neuere Erkenntnisse der fachdidaktischen Forschung vorzunehmen. Im Nachfolgenden werden exemplarisch zwei für die Studie relevante Forschungsansätze erörtert.

In ihrem theoretischen Modell unterteilen Reitschert & Höhle (2007, S. 127) die Bewertungskompetenz in acht Teilkompetenzen: Wahrnehmen und Bewusstmachen moralisch-ethischer Relevanz, Wahrnehmen und Bewusstmachen der Quellen der eigenen Einstellung, Folgenreflexion, Beurteilen, Ethisches Basiswissen, Urteilen / Schlussfolgern, Argumentieren, Perspektivenwechsel. Mit Hilfe empirischer Studien entwickeln Reitschert & Höhle Niveaustufen für diese einzelnen Teilkompetenzen.

Ein anderes Kompetenzstrukturmodell ist das sogenannte Göttinger Modell der Bewertungskompetenz. Eggert & Bögeholz (2006) benennen im Gegensatz zu Reitschert & Höhle vier Teilkompetenzen: Kennen und Verstehen von Nachhaltiger Entwicklung; Kennen und Verstehen von Werten und Normen; Generieren und Reflektieren von Sachinformationen; Bewerten, Entscheiden und Reflektieren. Eine Einstufung der Teilkompetenzen in Niveaus erfolgt auch im Göttinger Modell. Dabei wird in beiden Modellen für die Abstufung der Teilkompetenzen davon ausgegangen, dass Bewerten als Prozess zu verstehen ist. Unterschiedlich viele Fähigkeiten und Wissen werden je nach Niveaustufe gefordert. Mit Anstieg der Stufen wird der Bewertungsprozess immer komplexer, denn hier gibt es mehr Kriterien zu vergleichen und aufwändigere Entscheidungsstrategien anzuwenden. Welche Strategie zum Einsatz kommt, hängen von der beurteilenden Person und der Komplexität der Problemstellung ab.

Die vorliegenden Arbeiten bilden die Grundlage für die Entwicklung der Kriterien für die Schulbuchanalyse. Eine Bewertungsaufgabe ist eng verbunden mit Bewertungsstrategien, unabhängig von den Strategiearten. Sie beinhaltet Kriterien zu formulieren, nach denen dann eine Entscheidung getroffen werden muss. Bewertungsaufgaben weisen diskussionsfähige Kontexte sowie keine „richtige“ Lösung auf. Zur Einschätzung der Aufgaben konzipierten wir ein Sechs-Stufen-Modell: Stufe 0 - Aufgaben ohne Erfordernisse von Bewertungskompetenz; Stufe 1 - Vergleiche sind gegeben, sollen jedoch nicht selbst vorgenommen, sondern nur nachvollzogen werden; Stufe 2 - Vergleiche werden selbst aufgestellt, jedoch ohne eine Wertung vorzunehmen; Stufe 3 - Vor- und Nachteile sollen aufgelistet werden, jedoch ohne eine abschließende Wertung bzw. Entscheidung vorzunehmen; Stufe 4: Vornehmen einer abschließende Bewertung incl. Entscheidung, wobei die Informationen und Kriterien, mit denen bewertet werden soll, gegeben sind; Stufe 5: Abschließende Bewertung incl. eigener Recherche relevanter Informationen und Kriterien.

Design und Ergebnisse der Schulbuchanalyse

In der Studie wurden 9178 Schulbuchaufgaben aus 19 unterschiedlichen Büchern aus Baden-Württemberg und Niedersachsen untersucht, wobei unter einer Aufgabe eine

generelle Handlungsanweisung verstanden wurde. Mit einer solchen Arbeitsdefinition gelang es, die größte Schnittmenge zwischen den drei Verlagen zu erreichen und sicherzustellen, dass die Ergebnisse vergleichbar bleiben.

Zur Einstufung der Aufgaben hinsichtlich der Bewertungskompetenz wurde ein Frage-Algorithmus, basierend auf dem Sechs-Stufen-Modell, entwickelt. Die Erprobung des Algorithmus erfolgte in einer Pilotstudie mit zehn Studierenden. Zur Überprüfung der Güte des Frage-Algorithmus wurden zwei Personen dieselbe Auswahl an Schulbuchaufgaben vorgelegt, die sie mithilfe der Kriterien unabhängig voneinander beurteilen sollten. Es ergaben sich für die Einstufung hinsichtlich der Bewertungskompetenz ein Cohens Kappa von $\kappa=,850$ und für die Einordnung des Kontextes sogar ein Kappa von $\kappa=,902$.

Stufe	absolut	%
0	8949	97,5
1	5	0,1
2	83	0,9
3	65	0,7
4	22	0,2
5	54	0,6
N =	9178	100

Tab. 1: Verteilung bzgl. Bewertungskompetenz

Stufe	Niedersachsen (N=4556)	Baden-Württemberg (N=4622)
0	96,9%	98,10%
1-5	3,1%	1,9%

Tab. 2: Länderspezifische Verteilung bzgl. Bewertungskompetenz

In Tabelle 1 ist die Verteilung aller untersuchten Aufgaben auf den definierten Stufen dargestellt. 97,5 % der Aufgaben konnten nicht der Bewertung zugeordnet werden. Fast identisch ist der Wert für die Einstufung des Kontextes der Fragestellungen bezüglich einer gesamtgesellschaftlichen Relevanz mit 2,6 %. Diese Ähnlichkeit ist eher zufällig, denn es ergibt sich nur ein Korrelationskoeffizient von $r=,331$ zwischen beiden Ergebnissen.

Da in der Studie Schulbücher aus drei Verlagen sowie zwei verschiedenen Bundesländern betrachtet wurden, könnte ein

Länder- und Verlagsvergleich interessant sein. Die Ergebnisse der Tabelle 2 zeigen, dass der Anteil an Bewertungsaufgaben in Niedersachsen höher ausfällt. Zwar sind die Zahlen im Vergleich zur Gesamtsumme sehr gering, ein Unterschied zwischen den Ländern ist jedoch erkennbar. Bei einer Analyse hinsichtlich der drei Verlage kann festgehalten werden, dass ein Verlag sowohl den größten Anteil an Bewertungsaufgaben als auch mit gesamtgesellschaftlichem Kontext enthält. Dieser Verlag stellt sogar über die Hälfte des Gesamtanteils. In den Büchern des anderen Verlages finden sich bedeutend geringere Anteile, ebenso beim dritten Verlag. Aufgrund der Kürze dieses Beitrages können weitere Daten und Analysen nicht diskutiert werden. Es sei abschließend allerdings angemerkt, dass die hier vorgestellten Ergebnisse ernüchternd sind, jedoch nur einen ersten Einblick liefern.

Literatur

- Eggert, Sabina, Bögeholz, Susanne (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz. Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 12, 177-197.
- Härtig, Hendrik (2010). Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests. Berlin: Logos
- KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). [Beschluss vom 16.12.2004]. München [u.a.]: Luchterhand
- Mikelskis, Helmut F. (2006). Die Rolle des Physikbuchs beim Unterrichten und Lernen. In Helmut F. Mikelskis (Hg.): Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Berlin: Cornelsen Scriptor, 197-202
- Reitschert, Katja; Hössle, Corinna (2007). Wie Schüler ethisch bewerten. Eine qualitative Untersuchung zur Strukturierung und Ausdifferenzierung von Bewertungskompetenz in bioethischen Sachverhalten bei Schülern der Sek. I. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 13, 125-143
- Valverde, Gilbert A.; Bianchi, Leonard J.; Wolfe, Richard G.; Schmidt, William H.; Houang, Richard T. (2002). According to the book. Using TIMSS to investigate the translation of policy into practice through the world of textbooks. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers

Wie verändert Unterricht das Bewerten? -Messinstrumente / Modelle / Erkenntnisse

Bewertung als ein Unterrichtsgegenstand

Die hier vorgestellte Studie fokussiert auf die Fragestellung, ob in dem Regelunterricht der Sekundarstufe I die Fähigkeit der Schüler, in komplexen Situationen angemessen mit den explizit diskutierten Bewertungsstrategien umzugehen, gefördert werden kann.

Zur Klärung dieser Frage wurde basierend auf der aktuellen Didaktikforschung ein explizites Bewertungstraining erarbeitet. Integriert wurde das Training in die eigens dazu konzipierte Unterrichtseinheit PEBU (Photovoltaik, Energie, Bewertung, Umwelt) zum Thema Photovoltaik (Knittel, 2012). Der Unterrichtsinhalt soll dabei mit den Schülerinnen und Schülern aus den unterschiedlichsten Blickwinkeln besprochen werden. Das Ziel der Unterrichtseinheit ist es, die Lernenden zu einem selbständigen, reflektierten Bewertungsprozess zu führen. Das bedeutet, dass in dem Unterricht einerseits die physikalischen Eigenschaften von Photovoltaikanlagen kennengelernt und mittels Experimenten selbst erforscht werden, andererseits aber auch ökonomische Themen wie Kosten/Nutzen-Rechnungen oder die Sicht und Beeinflussungsmöglichkeiten der Presse besprochen werden. Neben dem inhaltlichen Wissen lernen die Schülerinnen und Schüler auf einer Metaebene durch gezielte Trainings, wie man bewertet und welche möglichen Vorgehensweisen es gibt. Dieses neue Methodenwissen wiederum kann direkt im Unterricht erprobt werden.

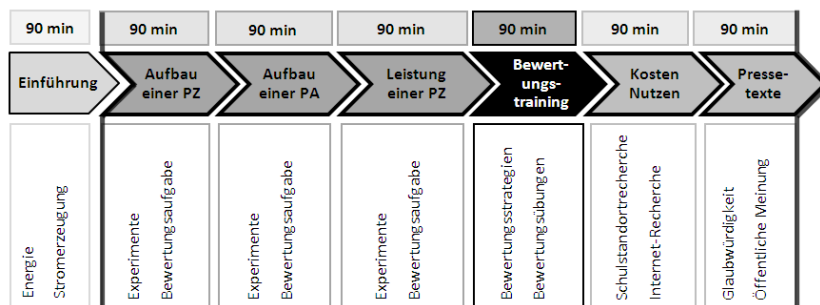


Abb. 1: Aufbau der Unterrichtseinheit PEBU mit 7 Doppelstunden zu je 90 min.
(hell grau: Einführung, dunkel grau: Experimente zur Aneignung von Fachwissen zur Photovoltaik, schwarz: Explizites Bewertungstraining und Bewertungsaufgaben, grau: Anwendung von Fachwissen und Bewertungswissen auf Realsituationen)

Forschungsfragen der Feldstudie

Ist die Unterrichtseinheit PEBU geeignet, um Bewertungskompetenz zu fördern?

1. Inwieweit kann das Göttinger-Modell verwendet werden, um die Bewertungskompetenz der Schülerinnen und Schüler im physikalischen Unterricht PEBU zu beschreiben?
2. Welche Aussagen über die Entwicklung der Bewertungskompetenz durch den Unterricht PEBU können getroffen werden?
3. Welchen Einfluss haben die Lehrperson und ihre persönliche Einstellung zur Bewertungskompetenz im Physikunterricht auf die Kompetenz der Schülerinnen und Schüler?

Der hier vorliegenden Studie wurde das Göttinger-Modell aus der Biologiedidaktik zugrunde gelegt (Eggert & Bögeholz, 2006). Nun soll mit der ersten Frage geklärt werden, inwiefern das Göttinger-Modell auf den physikalischen Unterricht übertragen werden kann. Zu diesem Zweck sollen die Hauptkomponenten (Entscheidungsstrategien und Anzahl Argumente) genauer untersucht werden. Zudem soll der Einfluss der unterschiedlichen Bewertungskontexte analysiert werden, da sie in dem Göttinger-Modell nicht speziell berücksichtigt worden sind.

Mit der Frage 2 soll die Entwicklung der Bewertungskompetenz der Schüler im Verlaufe der Studie und damit die Effektivität des expliziten Bewertungstrainings untersucht werden.

Da die Unterrichtseinheit von dem jeweiligen Klassenlehrer gehalten wurde, wird mit der dritten Forschungsfrage dem Einfluss der Lehrkraft und ihrer Einstellung auf die Entwicklung der Bewertungskompetenz der Schüler nachgegangen.

Aus Platzgründen kann hier leider nur eine Kurzbeantwortung der Forschungsfragen 1 und 2 geleistet werden (siehe unten).

Evaluation und Design

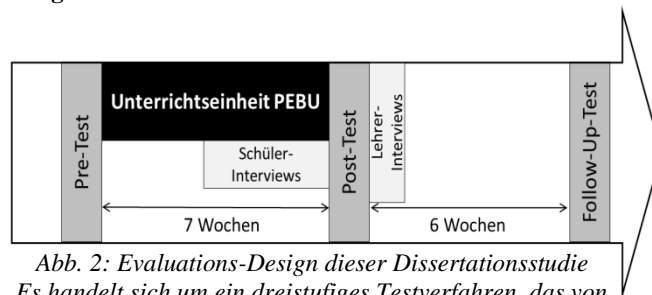


Abb. 2: Evaluations-Design dieser Dissertationsstudie
Es handelt sich um ein dreistufiges Testverfahren, das von Schüler- und Lehrerinterviews flankiert wurde.

Die Evaluation der Unterrichtseinheit PEBU erfolgte als Interventionsstudie mit zwei unterschiedlichen Populationen (Haupt- und Realschüler) und einem Kontrollgruppendesign (Knittel, 2012). Gemessen wurden die möglichen Veränderungen in einem dreistufigen Testverfahren mittels neu konzipiertem 'Paper-and-Pencil-Test'. Zusätzlich wurden die schriftlichen Daten mit Interviews, die mit Schülern und Lehrkräften geführt wurden, validiert.

Auswertung der Studie und ausgewählte Ergebnisse

Zur Interpretation der Daten aus der Fragebogenerhebung war die Verwendung des Göttinger-Modells der Bewertungskompetenz geplant. Auf Grund einiger Passungenauigkeiten wurde das Modell bezüglich Kontext und Komplexität der Aufgabenstellung erweitert. Das bedeutet, dass nun die Fähigkeiten der Schüler auf Grund der verwendeten Bewertungsstrategien und der Anzahl verschiedener Argumentationsbereiche in unterschiedlich komplexen Aufgaben erfasst werden können. Begründet wird dieses neue Modell durch die mit Rasch analysierten Daten von ca. 400 Schülern, die an der Studie teilgenommen haben. Anhand unseres Modells können die Schüler in fünf unterschiedliche Bewertungsniveaus eingeteilt und ihre Entwicklung während der 7 wöchigen Intervention bzw. 6 Wochen nach der Intervention nachvollzogen werden. Abbildung 3 zeigt die prozentuale Verteilung der Schüler der Experimentalgruppe und der Kontrollgruppe zu den drei Testzeitpunkten. Es wird schnell deutlich, dass die Kontrollgruppe bei allen drei Testzeitpunkten systematisch schlechter abschneidet als die Experimentalgruppe. Die Schüler der Kontrollgruppe befinden sich vermehrt auf Stufe 2, während sich die Experimentalgruppe auf Stufe 3 und 4 befindet.

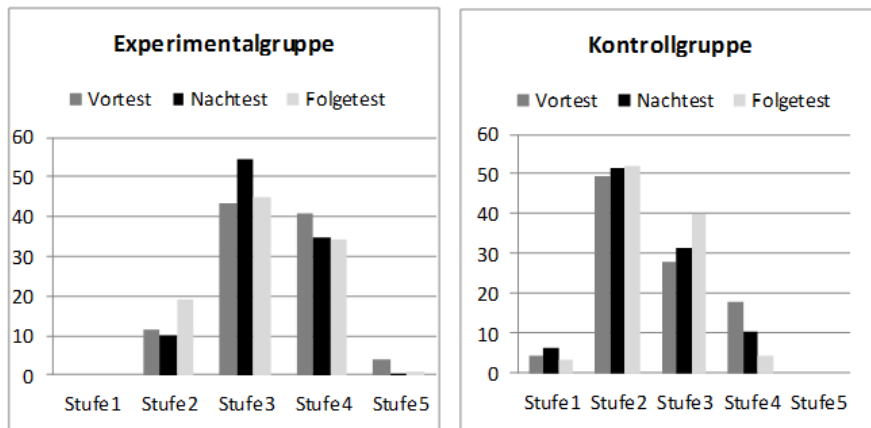


Abb. 3: Prozentuale Verteilung der Schüler auf die Qualitätsstufen

Gleichzeitig zeigte die Evaluation der entwickelten Unterrichtseinheit PEBU, dass die Integration von Bewertungskompetenz in den Physikunterricht zwar zu leisten ist, aber auch, dass das explizite Bewertungstraining keinen Interventionseffekt generieren konnte. Die Schüler verfügten bereits vor Beginn der Unterrichtseinheit über eine ansprechende Bewertungskompetenz. So befanden sie sich im Schnitt laut Daten der ersten Messung bereits auf der Bewertungsstufe 3 bzw. 4. Dieses Niveau hielten die Schüler dann über die gesamte Messdauer hinweg relativ stabil.

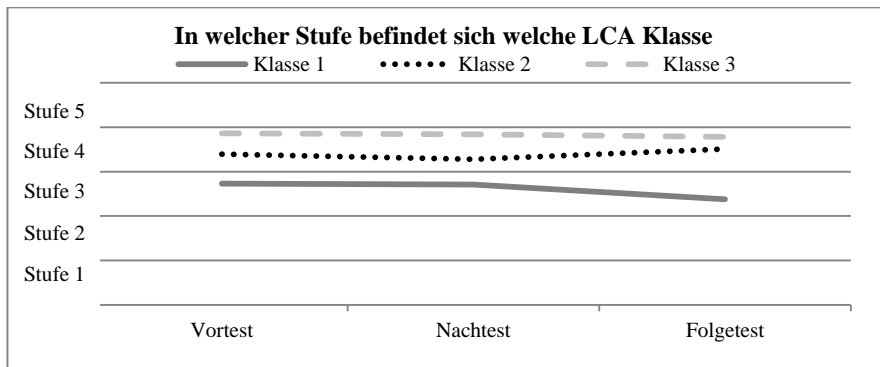


Abb. 4: Einordnung der drei LCA-Klassen in die Bewertungsstufen

Generell zeigten die Ergebnisse der hier vorgestellten Studie, dass der Forschungsbedarf in dem Bereich der Bewertungskompetenz, besonders in dem Teilgebiet der Interventionsstudien, noch lange nicht ausgeschöpft ist. Durch die hier präsentierten Ergebnisse erhoffen wir uns, einen wichtigen Beitrag im Forschungsfeld der Bewertungsinterventionen geleistet zu haben.

Literatur

- 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
- Knittel, C. (2012). Förderung von Bewertungskompetenz durch Unterricht zur Photovoltaik - von der Feldstudie zur Modellbildung. Freiburg: im Druck

Möglichkeiten der Diagnose und Förderung von Bewertungskompetenz

Seit der Einführung der Bildungsstandards mit ihren vier Kompetenzbereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewerten ist eine breite Diskussion gerade über die „neue“ Kompetenz „Bewerten“ in Gang gekommen. Internationale Ergebnisse zeigen bereits, dass bei internationalen Schülerinnen und Schülern sowie Studenten ein großes Manko in der Verwendung von Fachwissen als Bewertungskriterium besteht [Sadler & Zeidler, 2004]. Das Begründen von Entscheidungen und Meinungen mit Hilfe von Fachwissen wird aber ebenso von deutschen Schülerinnen und Schülern selten genutzt [Heitmann & Tiemann, 2011a] und die Verwendung von fachlichen Kriterien für Abwägungen wird nicht in Erwägung gezogen [Heitmann & Tiemann, 2011b]. Die Untersuchungen zeigen weiter, dass stattdessen alle Schüler, fachlich starke und schwache, eher eigene Erfahrungen zur Positionierung in Entscheidungsprozessen heranziehen [Heitmann & Tiemann, 2011a]. Selbst Studenten greifen in naturwissenschaftlichen Diskussionen nur selten auf Argumente zurück, die mit naturwissenschaftlichen Fakten begründet werden [Dawson & Venville, 2009], wobei ein positiver Zusammenhang zwischen Fachwissen und der Verwendung von fachwissenschaftlichen Argumenten nachgewiesen werden konnte [Dawson & Venville, 2009]. Auf der anderen Seite ist bekannt, dass, neben emotionalen und ethischen Einstellungen, das Fachwissen einen großen Einfluss auf Entscheidungsfindungen ausübt [Halverson et al., 2009]. Betrachtet man diese Ergebnisse gemeinsam, liegt der Schluss nahe, dass Bewertungskompetenz und Fachwissen nicht voneinander getrennt werden können, was übrigens auch in den gesetzlichen Vorgaben der Bildungsstandards so festgehalten wurde [Kultusministerkonferenz, 2004]. Ausgehend von dieser Einsicht, die die Bedeutung der Nutzung von Fachwissen in Entscheidungsprozessen als Gegenstand von Bewertungskompetenz betont, ist es daher das Ziel dieses Forschungsvorhabens, alltägliche Instrumente zu entwickeln, die die Lehrkräfte bei der Diagnose und der Vermittlung von „fachlicher Bewertungskompetenz“ im Sinne des folgenden Abschnitts unterstützen. In diesem Zusammenhang soll in einem zweiten Schritt überprüft werden, ob und, wenn ja, wie fachliche Bewertungskompetenz durch kooperative Lernformen gefördert werden kann [Eilks & Stäudel, 2005; Eilks, Witteck, Rumann & Sumfleth, 2005].

Fachliche Bewertungskompetenz

Für die Arbeit wurde der Begriff „fachliche Bewertungskompetenz“ definiert, der auf Dittmer (2011) zurückgeht. Hierbei meint fachliche Bewertungskompetenz, dass Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, auf Grundlage von chemischem Fachwissen und fachlichen Argumentationen Bewertungs- und Meinungsbildungsprozesse durchlaufen zu können. Zu Themen mit hoher gesellschaftlicher Relevanz gehört dabei nicht selten auch die Betrachtung ethischer und moralischer Einflüsse [Heitmann und Tiemann, 2011a], die aber im Rahmen des hier entwickelten Diagnoseinstruments keine Rolle spielen sollen. Stattdessen steht die Betrachtung des Fachwissens als Kriterium für Bewertungsprozesse im Mittelpunkt. Es wird daher zwischen fachlicher und ethischer Bewertungskompetenz unterschieden, die nach dem Hessischen Kultusministerium (2010) in der Schule in Kombination vermittelt werden sollen.

Forschungsfragen

- Mit welchen Methoden lässt sich der Ist-Zustand der fachlichen Bewertungskompetenz von Schülern der Sekundarstufe I möglichst objektiv im alltäglichen Unterricht feststellen?
- Welche Effekte sind beim Einsatz kooperativer Lernformen hinsichtlich einer Förderung der fachlichen Bewertungskompetenz zu beobachten?

Das Diagnoseinstrument

Das Instrument, das im Zusammenhang mit der ersten Forschungsfrage getestet wird, besteht aus vier Aufgaben, wobei wesentliches Konstruktionsprinzip ist, dass die Aufgabentypen Lehrkräften einen Übertrag auf andere Themengebiete leicht ermöglichen. Im Sinne dieser „Alltagstauglichkeit“ sind reale Szenarien Grundlage der Aufgaben. Aussagen und Kommentare von Internetusern, die auf Spiegel-Online.de, Welt.de und Süddeutsche.de Artikel mit naturwissenschaftlichem Inhalt kommentiert haben, dienen als authentische Grundlage für die folgenden Aufgabentypen:

- Naturwissenschaftliche Aussage oder nicht-naturwissenschaftliche Aussage?
Können Schüler naturwissenschaftliche Aussagen von nicht-naturwissenschaftlichen Aussagen unterscheiden?
- Tendenzen in Aussagen zu chemisch-fachlichen Fragestellungen erkennen.
Können Schüler anhand von Aussagen erkennen, ob die naturwissenschaftlichen Aussagen von bspw. einem Bauern, einem Unternehmer, einem Umweltschützer, Politiker oder Chemiker in tendenziöser Absicht verwendet werden?

Rein auf der Grundlage der Schilderung einer realen Dilemmasituation, in der mehrere Handlungen aus fachlicher Sicht denkbar sind, werden die folgenden Aufgaben gestellt:

- Naturwissenschaftliche Argumente formulieren und positionieren.
Sind Schüler in der Lage, anhand einer gegebenen fachlichen Handlungsoption aus Sicht eines Chemikers eine Pro- und Contra-Liste mit Argumenten für oder gegen diese Handlungsoption zu erstellen?
- Mehrere naturwissenschaftliche Argumente fachlich gegeneinanderstellen.
Können die Schüler Argumente aus Sicht eines Chemikers gegeneinander abwägen?

Arbeiten am interaktiven Whiteboard

Aufgrund der immer besser mit interaktiven Whiteboards ausgestatteten Schulen wurde das Instrument auch in eine Whiteboard-Version überführt. Hierbei kommen Response Clicker zum Einsatz, die eine anonyme und schnelle Wiedergabe des Meinungsbildes der Klasse ermöglichen. Das System ermöglicht eine Umfrage in verschiedenen Fragevarianten inklusive zugehöriger Auswertung in kürzester Zeit, sodass Lehrkräfte im laufenden Unterricht ein Meinungsbild der Klasse ermitteln können. Mit Hilfe unterschiedlicher Fragevarianten lassen sich die ersten Aufgaben des Diagnoseinstruments problemlos in die Software übertragen und eröffnen damit die Möglichkeit, das Internet, Videos und andere Medienvorteile in die Diagnosesituation einzubinden. Aufgrund des offenen Antwortformats werden die letzten beiden Aufgaben weiterhin nur in der Papierversion vorliegen. Die Einführung in das Szenario sowie das Bereitstellen von Fachwissen mit Hilfe von Hyperlinks kann jedoch auf dem interaktiven Whiteboard erfolgen.

Erste Tendenzen

Die Auswertung von 125 ausgefüllten Testheften und mehreren Lehrerfortbildungen im Rahmen der Entwicklungsstudie ergab, dass der Test Lehrkräften bei der Diagnose von fachlicher Bewertungskompetenz hilft. Lehrkräfte können ermitteln, ob Schülerinnen und Schüler in der Lage sind zwischen naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Aussagen zu unterscheiden, Tendenzen hinter Aussagen zu erkennen, fachlich richtige naturwissenschaftliche Argumente zu formulieren und Argumente gegeneinander abzuwägen. Das Instrument scheint das Potenzial zu haben, mit Hilfe von Veränderungsmessungen die Leistungsstände von Schülerinnen und Schülern zu vergleichen und den Lehrkräften somit Informationen über die Wirksamkeit ihres Unterrichts zur Verfügung zu stellen.

Während der Entwicklungsstudie wurden drei verschiedene Szenarien getestet. Hierbei waren zwei Szenarien sogenannte „Unglücks“-Szenarien, die das Rotschlamm-Unglück aus Ungarn sowie das Säuretanker-Unglück vom Rhein als Hauptthema haben. Die Auswertung ergab, dass diese beiden Szenarien für das Diagnoseinstrument besser geeignet scheinen als das thematisch nah am Schüleralltag stehende Streusalz-Szenario. Hierbei spielen neben dem Fachwissen das Alltagswissen und allgemeine Erwägungen eine große Rolle, sodass die Schüler in ihrer Argumentation fachliche Aspekte oft gar nicht bedenken, wodurch unklar bleibt, inwiefern sie aber im fachlichen Sinne trotzdem bewertungskompetent wären.

Die Validierung des Tests erfolgte mehrperspektivisch. Zum einen fand eine Hospitation während des Ausfüllens der Tests statt, bei der untersucht wurde, inwieweit die Schüler mit dem Test in der beabsichtigten Weise umgehen. Darüber hinaus wurden Schülerinterviews geführt, bei denen die Schülerinnen und Schüler zu den einzelnen Aufgaben Stellung nehmen sollten. Die Testauswertung wurde zudem von mehreren Personen unabhängig durchgeführt, um Subjektivität bei der Einschätzung der Tauglichkeit des Instruments zu vermeiden.

Ausblick

Im Rahmen der Interventionsstudie, die im Schuljahr 2012/2013 stattfinden wird, soll mit Hilfe des Diagnoseinstruments der Einfluss von Fördermaßnahmen, die kooperative Lernformen nutzen, auf die fachliche Bewertungskompetenz der Schüler getestet werden.

Literatur

- Dawson, V., Venville, G. J. (2009). High-school Students' Informal Reasoning and Argumentation about Biotechnology: An indicator of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, 31: 11, 1421-1445
- Dittmer, A. (2011). Die Kompetenzbereiche Bewertung und Erkenntnisgewinnung: Philosophische Herausforderungen für den Biologieunterricht. MNU Tagungsband, 67f
- Eilks, I., Stäudel, L. (2005). Warum kooperatives Lernen? *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, Jg. 16, Nr. 88/89, 4-5
- Eilks, I., Witteck, T., Rumann, S., Sumfleth, E. (2005). Kooperatives Lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, Jg. 16, Nr. 88/89, 6-11
- Halverson, K.L., Siegel, M.A., Freyermuth, S.K. (2009). Lenses for Framing Decisions: Undergraduates' decisions making about stem cell research. *International Journal of Science Education*, 31:9, 1249-1268
- Heitmann, P., Tiemann, R. (2011a). Aspekte von Bewertungskompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Qual der Wahl zwischen Käse und Analogkäse. *Chemkon*, 18, Nr. 3, 129-133
- Heitmann, P., Tiemann, R. (2011b). Bewertungskompetenz von Zehntklässlern im Fach Chemie. MNU 64/4 (1.6.2011), 238-243
- Hessisches Kultusministerium (2010). Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Sekundarstufe I – Gymnasium. Chemie. Stand: August 2010
- Kultusministerkonferenz (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004
- Sadler, T., Zeidler, D.L. (2004). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89, 71-93

Mark Sakschewski
 Susanne Bögeholz
 Sabina Eggert
 Rena Meyer
 Susanne Schneider

Universität Göttingen

Bewertungskompetenz im Physikunterricht: Erste Ergebnisse einer Studie mit Lautem Denken

Im Kompetenzbereich Bewertung der Bildungsstandards für Physik wird von Schülerinnen und Schülern gefordert, dass sie alternative technische Lösungen auch unter Berücksichtigung physikalischer, ökonomischer, sozialer und ökologischer Aspekte vergleichen und bewerten können (B2 in KMK, 2005). Für die Entwicklung eines Messinstruments derartiger Kompetenzen bietet sich das für den Kontext Nachhaltige Entwicklung entwickelte Göttinger Modell der Bewertungskompetenz an (Eggert & Bögeholz, 2006; Bögeholz, 2011). Die prozedurale Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“, die bereits modelliert und validiert werden konnte (Eggert & Bögeholz, 2010), fasst zentral das Vergleichen und Bewerten von Handlungsoptionen und ist damit besonders geeignet, um den Standard B2 der Physik zu bearbeiten. Als Kontexte sind in drei Aufgaben die Erzeugung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie vertreten und repräsentieren somit wesentliche Aspekte von Energie für den Physikunterricht.

Stand der Forschung und Entscheidungsverhalten

Das Bewerten, Entscheiden und Reflektieren konnte für realweltliche Umweltprobleme mit Bezug zum Biologieunterricht eindimensional modelliert werden (Eggert & Bögeholz, 2010). Dabei ist ein Abwägen von Vor- und Nachteilen einer Option und/oder ein Vergleichen mehrerer Optionen im Hinblick auf ein bzw. mehrere Kriterien (kompensatorisches Vorgehen) elaborierter als der Ausschluss einer Option oder mehrerer Optionen auf Grund eines schlechten Abschneidens im Hinblick auf ein Kriterium bzw. verschiedener Kriterien (non-kompensatorisches Vorgehen). Eine Kombination beider Vorgehensweisen wird als Mischstrategie bezeichnet. Als weniger anspruchsvoll als die Verwendung dieser drei Entscheidungsstrategien erwies sich ein intuitiv-rechtfertigendes Entscheidungsverhalten (ebd.). Relativ schwierig ist es für Heranwachsende, Entscheidungsprozesse Dritter auf Strategieebene, d. h. methodisch und nicht inhaltlich, zu analysieren (ebd.).

Forschungsfragen (FF1-FF3)

- FF1: Inwiefern eignen sich die entwickelten Diagnoseaufgaben (Entscheidungs- und Reflexionsaufgaben) zur Identifizierung verschiedener Entscheidungsstrategien?
- FF2: Welche Entscheidungsstrategien wenden Schülerinnen und Schüler verschiedener Altersstufen selbst an?
- FF3: Inwieweit können Schülerinnen und Schüler Entscheidungsprozesse methodisch analysieren?

Methode und Aufbau des Testinstruments

In Anlehnung an Eggert und Bögeholz (2010) wurde ein Testinstrument für den Physikunterricht mit drei Diagnoseaufgaben entwickelt. Diese Aufgaben orientieren sich inhaltlich am Basiskonzept Energie, dem nicht nur im Zuge der Einführung nationaler Bildungsstandards eine hervorgehobene Bedeutung für den Physikunterricht beigemessen, sondern mit dem durch die Bedeutung im Alltag auch ein lebensweltlicher Kontext für Schülerinnen und Schüler hergestellt wird.

In zwei Entscheidungsaufgaben (Kontexte Energiegewinnung und -speicherung) sollen verschiedene Lösungsmöglichkeiten unter Verwendung von Kriterien miteinander verglichen und bewertet sowie darauf basierend eine eigene Entscheidung getroffen werden. Bei einer sich anschließenden Reflexionsaufgabe (Kaufentscheidung; Kontext Energienutzung) kommt es dann darauf an, die dargestellten Entscheidungswege Dritter zu kommentieren und zu reflektieren. Auf diese Weise kann herausgefunden werden, inwieweit verschiedene Entscheidungsverhalten und -strategien (z.B. kompensatorisch, non-kompensatorisch, intuitiv-rechtfertigend; Jungermann et. al., 2004) von Schülerinnen und Schülern angemessen analysiert werden können.

An einem niedersächsischen Gymnasium wurde das entwickelte Testinstrument im Hinblick auf seine Verständlichkeit und Durchführbarkeit mit der Methode des Lauten Denkens getestet. Mit dieser Methode können kognitive Prozesse der Versuchspersonen zugänglich gemacht (Ericsson & Simon, 1993) und somit wertvolle Hinweise für die Optimierung des Testinstruments erhalten werden. Die Stichprobe umfasste hierbei insgesamt N=14 Schülerinnen und Schüler, jeweils vier Schülerinnen oder Schüler aus den Klassen 6, 8 und 10 und zwei Schülerinnen aus dem 12. Jahrgang. Die mitgeschnittenen Schülerantworten dauerten jeweils ca. 25 bis 45 Minuten und wurden nach der Transkription mittels der strukturierenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2008) ausgewertet. Die Kategorienbildung erfolgte deduktiv und induktiv. Die deduktiven Kategorien lehnten sich im Kern an den von Eggert und Bögeholz (2010) entwickelten Scoring Guide an, zu dessen Scores im Wesentlichen das Anwenden einer Strategie bei den Entscheidungsaufgaben, die Anzahl und Art einbezogener Kriterien und Optionen, das Vornehmen von Gewichtungen, das Identifizieren von Strategien bei der Reflexionsaufgabe und das Erteilen von Verbesserungsvorschlägen zum strategischen Vorgehen gehören.

Ergebnisse

Zu FF1: Im Vergleich der beiden Entscheidungsaufgaben zeigte sich, dass die Anwendung der möglichen Entscheidungsstrategien der Schülerinnen und Schüler in etwa analog und gleich häufig erfolgte, was für die Reliabilität der beiden Aufgaben spricht. Es stellte sich allerdings heraus, dass die erste Aufgabe (Energiegewinnung) im Vergleich zur zweiten Aufgabe (Energiespeicherung) vermehrt Anknüpfungspunkte für persönliche Aspekte bietet und thematisch näher an der Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler ansetzt. Fünf Personen trafen ungewollt auch bei der Reflexionsaufgabe zunächst eine eigene Entscheidung, anstatt die Entscheidungsprozesse Dritter unvoreingenommen zu analysieren.

Zu FF2: Die Studie zeigte, dass die Befragten in den Entscheidungsaufgaben vornehmlich die kompensatorische („Also ich würde [Option C] nehmen, kann zwar nicht so gut Energie speichern wie [Option D], aber dafür könnte [D] ziemlich schädlich für die Umwelt sein“; Maja, Klasse 6) und die Mischstrategie anwenden. Ein non-kompensatorisches Vorgehen („[Option A] würde ich auch nicht nehmen, weil es einfach zu gefährlich ist, dass da irgendetwas explodiert oder anfängt zu brennen“; Neox, Klasse 10) wurde zwei- bzw. viermal in einer Entscheidungsaufgabe verfolgt. Drei bzw. zwei Personen rechtfertigten lediglich ihre spontan getroffenen Entscheidungen in den Entscheidungsaufgaben („Ja, ich würde [Option C] empfehlen, da [C] die Energie gut speichern kann und die Anforderungen jetzt nicht zu aufwendig sind dafür und das ist das Günstigste [...]“; Christina, Klasse 10). Es ist festzustellen, dass acht Personen in beiden Entscheidungsaufgaben dieselbe Vorgehensweise anwendeten, bei den anderen sechs Personen unterschied sich die beobachtete Vorgehensweise lediglich um eine Kategorie (z.B. Mischstrategie in Aufgabe 1 und kompensatorisch in Aufgabe 2).

Zu FF3: Die Testpersonen zeigten größtenteils Schwierigkeiten, Entscheidungsprozesse Dritter (vollständig) zu beschreiben (s. Tab. 1). Besonders schwierig scheint das Erkennen und Beschreiben des intuitiv-rechtfertigenden Entscheidungsverhaltens zu sein, das nur drei

Personen in der Stichprobe als solches identifizierten. Fast jeder dritten Person gelang immerhin die vollständige Identifizierung einer non-kompensatorischen Entscheidungsstrategie, gefolgt von der kompensatorischen Strategie, die von fast allen Personen zumindest teilweise methodisch und von jeder dritten Person vollständig methodisch beschrieben wurde.

Schüler(in) beschreibt den Entscheidungsprozess einer anderen Person...	intuitiv-rechtfertigend	non-kompensatorisch	kompensatorisch
...vollständig methodisch	3	4	5
...teilweise methodisch	0	6	8
...nur inhaltlich	11	3	1
...nicht	0	1	0

Tab. 1: Reflexion von Schülerinnen und Schülern über Entscheidungsverhalten Dritter

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Verwendung gleicher Entscheidungsstrategien bei beiden Entscheidungsaufgaben gibt einen Hinweis auf die Reliabilität des Testinstruments. Der von mehreren Personen fehlinterpretierte Bearbeitungsauftrag der Reflexionsaufgabe könnte deren Messung beeinflusst haben. Das Testinstrument für die folgende Haupterhebung wurde daher so umgestaltet, dass die Reflexions- von den Entscheidungsaufgaben im Layout des Testhefts deutlicher voneinander getrennt wurden.

Bei der Konzeption eines Testhefts für die Jahrgänge 6 bis 12 ist es entscheidend, dass keine Schülerinnen und Schüler über- bzw. unterfordert werden. Dies kann mit den Erfahrungen aus diesem Pretest bestätigt werden. Die häufige Verwendung der kompensatorischen und der mischstrategischen Vorgehensweise steht in enger Verbindung mit dem Scoring. Das bedeutet, dass für eine Einordnung als kompensatorische Vorgehensweise nicht alle Optionen und alle Kriterien miteinander verglichen werden müssen. Auch müssen bei der non-kompensatorischen Vorgehensweise nicht alle – mit Ausnahme der gewählten – Optionen ausgeschlossen werden (vgl. Stand der Forschung). Die Ergebnisse zum methodischen Erkennen und Reflektieren des Entscheidungsverhaltens bzw. der verwendeten Strategien sind konsistent mit denen von Eggert und Bögeholz (2010). Letzteres stellt eine zentrale Lernanforderung für das Bewerten, Entscheiden und Reflektieren dar.

In der Gesamtbetrachtung kann zusätzlich festgestellt werden, dass das Erhebungsinstrument für eine quantitative Haupterhebung grundsätzlich geeignet scheint, da alle erwarteten Kompetenzstufen bereits im Pretest beobachtet werden konnten.

Literaturverzeichnis

- Bögeholz, S. (2011). Bewertungskompetenz im Kontext Nachhaltiger Entwicklung: Ein Forschungsprogramm. In Höttecke, D. (Hrsg.) (2011). Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie – Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Potsdam 2010, Berlin: Verlag Dr. W. Hopf, 32-46
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 177-199
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2010). Students' Use of Decision Making Strategies with regard to Socioscientific Issues – An Application of the Rasch Partial Credit Model. Science Education, 94, 230-258.
- Ericsson, A. K., & Simon, H. A. (1993). Protocol Analysis: Verbal Reports as Data. Cambridge: MIT Press.
- Jungermann, H., Pfister, H.-R. & Fischer, K. (2004). Die Psychologie der Entscheidung. Eine Einführung. Zweite Auflage. München: Elsevier
- KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss – Beschluss vom 16.12.2004, Edition Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. München: Luchterhand
- Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse. Weinheim, Basel: Beltz

Mark Sakschewski
 Susanne Bögeholz
 Sabina Eggert
 Susanne Schneider

Universität Göttingen

Messinstrument zum Basiskonzept Energie für Bewertungskompetenz: Ergebnisse zum Bewerten, Entscheiden und Reflektieren


Für das Göttinger Modell der Bewertungskompetenz für Gestaltungsfragen Nachhaltiger Entwicklung (s. Abb. 1, Bögeholz, 2011, Eggert & Bögeholz, 2006) liegen Studien aus der Biologiedidaktik vor, die deren Teilkompetenzen empirisch fundieren (z.B. Eggert, 2008; Eggert & Bögeholz, 2010; Gausmann et. al., 2010). Vorab wurde das Kompetenzmodell theoretisch aus dem Metamodell der Entscheidungsfindung von Betsch und Haberstroh hergeleitet (2005).

In der vorliegenden Studie wird die Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ mit Fokus auf den Physikunterricht untersucht. Ziel ist es herauszufinden, inwiefern sich Modellierungsergebnisse aus der Biologiedidaktik (Eggert, 2008; Eggert & Bögeholz, 2010) für den Themenkomplex Energieversorgung reproduzieren lassen und ein reliables und valides Messinstrument zu entwickeln.

Bildungsstandards und Aufbau des Testinstruments

Die von der KMK im Jahr 2004 beschlossenen Bildungsstandards im Fach Physik fordern u. a., dass Schülerinnen und Schüler „alternative technische Lösungen auch unter Berücksichtigung physikalischer, ökonomischer, sozialer und ökologischer Aspekte“ vergleichen und bewerten können sollen (B2 in KMK, 2005). Das entwickelte Testinstrument enthält zwei Entscheidungsaufgaben wie z.B. „Wo soll ein neuer Windpark gebaut werden?“, in denen den Schülerinnen und Schülern jeweils ein konkretes Problem und mögliche Handlungsoptionen dargeboten werden. Zu jeder dieser Handlungsoptionen werden verschiedene Kriterien übersichtlich in einer Tabelle präsentiert, anhand derer die Schülerinnen und Schüler eine Entscheidung vornehmen können. Die Kriterien orientieren sich dabei an den im Standard B2 aufgelisteten Bereichen. Ferner werden die Schülerinnen und Schüler im zweiten Teil des Testinstruments gebeten, Entscheidungsprozesse von dritten Personen zu reflektieren und Verbesserungsvorschläge zum Vorgehen zu geben. So soll herausgefunden werden, inwieweit die Schülerinnen und Schüler mit verschiedenen Entscheidungsstrategien vertraut sind sowie diese anwenden und reflektieren können. Die Kontexte der Aufgaben betreffen das Basiskonzept Energie und die Bedeutung der Energieversorgung; im Speziellen die Erzeugung, Speicherung und Nutzung von elektrischer Energie. Die Bearbeitungsdauer beträgt ca. 50 Minuten.

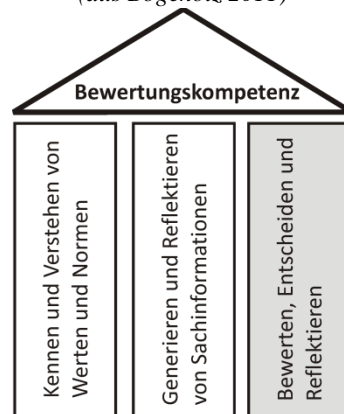
Aufgabenbeispiel:
 Wo soll ein neuer Windpark gebaut werden?



	← Optionen →	
Kriterien →		

Abb. 2: Beispiel einer Entscheidungsaufgabe

Abb. 1: Göttinger Modell der Bewertungskompetenz (aus Bögeholz 2011)



So soll herausgefunden werden, inwieweit die Schülerinnen und Schüler mit verschiedenen Entscheidungsstrategien vertraut sind sowie diese anwenden und reflektieren können. Die Kontexte der Aufgaben betreffen das Basiskonzept Energie und die Bedeutung der Energieversorgung; im Speziellen die Erzeugung, Speicherung und Nutzung von elektrischer Energie. Die Bearbeitungsdauer beträgt ca. 50 Minuten.

Analyse und Stichprobe

Außer drei Multiple-Choice-Fragen beinhaltet das Testinstrument ausschließlich offene Fragen, die anhand eines Scoring Guides (Eggert, 2008) codiert und für die weitere Analyse vorbereitet wurden. Die Fragebogenerhebung wurde im November 2010 an drei niedersächsischen Gymnasien durchgeführt, in Jahrgangsstufe 8 wurden die Testhefte von N=229 Personen analysiert (128 männlich, 94 weiblich, 7 Geschlecht nicht genannt). Besondere Aufmerksamkeit galt der sprachlichen Gestaltung des Testhefts, da dasselbe Testheft darüber hinaus auch für jüngere und ältere Jahrgangsstufen zum Einsatz kommen soll. Analysen mittels klassischer und probabilistischer Testtheorie haben ergeben, dass das Messinstrument bei der (geringen) Stichprobe in allein der 8. Jahrgangsstufe schon annähernd reliabel erscheint (WLE-Reliabilität=.53, Cronbachs Alpha=.58).

Umgang mit Optionen und Kriterien, Gewichtung von Kriterien

Eine Darstellung der Ergebnisse als Person-Item-Map (nicht abgebildet) zeigt, dass die zweite Entscheidungsaufgabe („Energiespeicherung“) beim Umgang mit den verschiedenen Optionen stärker differenziert als die erste („Energieerzeugung mit Windrädern“), deren Items insgesamt dichter lokalisiert sind. Nur ca. 16% der Schülerinnen und Schüler nehmen eine Gewichtung von Kriterien vor. Die Items hierfür sind jeweils höher lokalisiert als die Nennung von Vor- und Nachteilen der Optionen. Dabei wurde sowohl das Hervorheben als auch das Vernachlässigen von Kriterien als Gewichtung angesehen. Das Erkennen und Beschreiben einer intuitiv-rechtfertigenden Vorgehensweise fällt Schülerinnen und Schülern

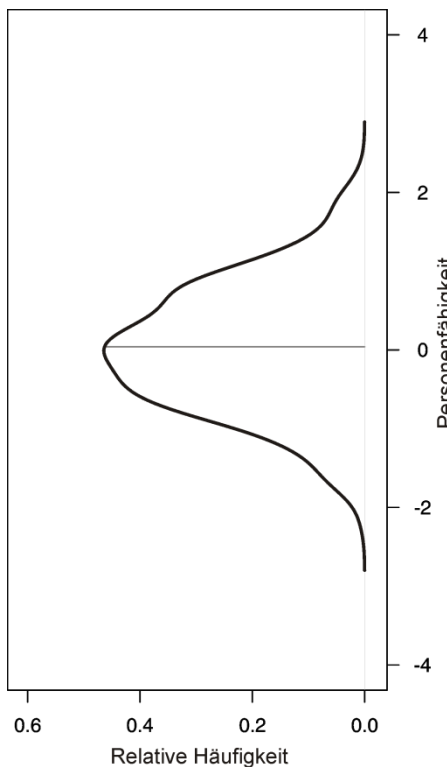


Abb. 3: Verteilung der Personenfähigkeiten bei BER in Jahrgang 8

vergleichsweise leicht, während ihnen die Formulierung von strategischen Verbesserungsvorschlägen sehr schwer fällt. Dieses Item bildet zusammen mit dem für einen Verbesserungsvorschlag zu einer kompensatorischen Strategie die schwierigsten Items im Test.

Partial Credit Rasch-Modell

Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass die erhobenen Daten sehr gut mit einem eindimensionalen Partial Credit Rasch-Modell abgebildet werden können, die Anpassungsparameter liefern in der überwiegenden Mehrheit keine Auffälligkeiten. In Abbildung 3 ist die Personenverteilung aus einer Person-Item-Map für die Jahrgangsstufe 8 dargestellt. Erwartungsgemäß liegt der Mittelwert nahe 0; ca. 77% erreichen Personenfähigkeiten zwischen -1 und 1 Logits.

Korrelationen mit Lesekompetenz und Schulnoten

Zur diskriminanten Validierung von Bewertungskompetenz in der Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ kam der Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest von Schneider et. al. (2007) zum Einsatz. Ziel war es zu zeigen, dass die Testergebnisse für Bewertungskompetenz in

Abgrenzung zur Lesekompetenz etwas Eigenständiges darstellen. Die Korrelationen zwischen den Personenfähigkeiten im „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ und dem Leseverständnis ($r=.06$, $p=.39$) bzw. der Lesegeschwindigkeit ($r=-.01$, $p=.54$) zeigen, dass nahezu keine positiven bzw. negativen Zusammenhänge vorliegen. Geringe Korrelationen zeigen sich jedoch zwischen den Personenfähigkeiten beim „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ und Schulnoten: Am größten ist der Zusammenhang mit den Deutsch- und Englischnoten (jeweils $r=.30$, $p<.01$). Wir vermuten, dass in den Sprachen unter anderem ähnliche Argumentationsstrukturen gefördert bzw. unterrichtet werden, wie sie beim Vorgehen in den hier präsentierten Aufgaben von Vorteil sein könnten. Andere Schulfächer wie Erdkunde und Mathematik zeigen vergleichbare Korrelationen auf. Am wenigsten korrelieren die Physiknote ($r=.22$, $p<.01$) und die Biologienote ($r=.17$, $p=.01$) mit dem hier untersuchten Testergebnis für Bewertungskompetenz. Insgesamt zeigt sich, dass Bewertungskompetenz im Sinne von systematischem und reflektiertem Entscheiden bislang wenig über Schulnoten abgebildet wird und „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ auch im physikdidaktischem Kontext – neben dem biologiedidaktischen Kontext (Eggert & Bögeholz, 2010) – als ein vergleichsweise eigenständiges Konstrukt angesehen werden kann.

Ausblick

Weitere Analysen in anderen Jahrgangsstufen sollen unter anderem die gefundenen Ergebnisse noch einmal bestätigen und den Einfluss der Jahrgangsstufe auf Bewertungskompetenz aufzeigen.

Danke

Ein herzliches Dankeschön gilt den Schülerinnen und Schülern des Gymnasiums Walsrode, des Gymnasiums Mellendorf und des Gymnasiums Neue Oberschule in Braunschweig sowie dem Niedersächsischen Kultusministerium für die Durchführung der Erhebungen.

Literaturverzeichnis

- Betsch, T., & Haberstroh, S. (2005). The Routines of Decision Making. NJ, Mahwah: Erlbaum Associates, 359-376
- Bögeholz, S. (2011). Bewertungskompetenz im Kontext Nachhaltiger Entwicklung: Ein Forschungsprogramm. In Höttecke, D. (Hg., 2011). Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010. Berlin: LIT-Verlag, 32-46
- Eggert, S. (2008). Bewertungskompetenz für den Biologieunterricht – Vom Modell zur empirischen Überprüfung. Dissertation. Online verfügbar unter: <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2008/eggert/eggert.pdf>, eingesehen am 06.09.2012
- 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
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2010). Students' use of decision making strategies with regard to socioscientific issues – an application of the rasch partial credit model. Science Education, 94, 230-258
- Gaußmann, E., Eggert, S., Hasselhorn, M., Watermann, R., & Bögeholz, S. (2010). Wie verarbeiten Schüler/innen Sachinformationen in Problem- und Entscheidungssituationen nachhaltiger Entwicklung? In Klieme, E., Leutner, D. & Kenk M. (Hg., 2010). Kompetenzmodellierung: Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes. Zeitschrift für Pädagogik, 56. Beiheft. Weinheim und Basel: Beltz-Verlag, 204-215
- KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss – Beschluss vom 16.12.2004, Edition Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Luchterhand. Online verfügbar unter http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf, eingesehen am 04.06.2009
- Schneider, W., Schlagmüller, M., & Ennemoser, M. (2007). Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassenstufen 6-12 (LGVT 6-12). Hogrefe, Göttingen

Ein Leitinstrument für die Analyse von betrieblichen Zusammenhängen

Aus den Erkenntnissen der Lehr-Lern-Forschung der letzten Jahre geht hervor, dass ein erfolgreicher und effektiver naturwissenschaftlicher Unterricht neben dem Einsatz verschiedener Methoden vor allem die Wahl von authentischen Kontexten erfordert (Demuth 2005). Unter dem Begriff Kontext wird dabei in der Regel ein übergeordneter Themenbereich verstanden, der eine gesellschaftliche oder persönliche Relevanz besitzt. Bezüglich der inhaltlichen Ausprägung von Kontextorientierung in der Unterrichtsgestaltung werden zwei Stufen unterschieden (Müller 2005). Für eine Arbeitsweltorientierung im Unterricht folgt daraus, dass der gewählte Kontext aus der Arbeitswelt stammt und sich die beiden Ausprägungsstufen wie folgt charakterisieren lassen:

- Fachlich orientiertes Lernen **mit eingebetteten Bezügen zur Arbeitswelt**
 - der Unterricht wird nach der Logik des Faches ausgerichtet
 - an einigen Stellen werden interessante und geeignete Arbeitsweltbezüge integriert
- Lernen **anhand authentischer Arbeitsweltkontexte**
 - Ausgangspunkt ist eine konkrete, möglichst authentische Problemsituation, an der Fachliches (meist verschiedener Fächer) erlernt werden kann
 - der komplette Unterricht wird am Arbeitsweltthema ausgerichtet

Um die Arbeitswelt als Kontext wählen zu können, muss der Lehrende selbst die Zusammenhänge, die diesen Ausschnitt aus der Praxis beeinflussen, kennen und verstehen, ansonsten kann die geforderte Authentizität nicht gewährleistet werden. Das Verstehen dieser Zusammenhänge und das gleichzeitige Aufspüren von relevanten Inhalten für den Schulunterricht ist eine sehr komplexe und schwierige Aufgabe für Lehramtsstudierende, die keine oder nur wenige eigene Erfahrungen mit dieser Arbeitswelt besitzen.

Ein geeignetes Mittel, um die Arbeitswelt kennenzulernen und zu verstehen, ist die Durchführung eines Betriebspraktikums. Im Rahmen des Projektes „Lehrer studiert Unternehmen“ bietet die TU Dresden Lehramtsstudierenden der Fächer Chemie und Physik die Möglichkeit, bildungsrelevante Inhalte der täglichen Arbeit von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren zu beobachten und zu analysieren. Aus ihren Praktikumserfahrungen entwickeln die Studierenden arbeitsweltbezogene Unterrichtskonzepte. Ziel ist es, alle Projektteilnehmer zu befähigen, Unterrichtskonzepte zu gestalten, die sich der ersten Ausprägungsstufe zuordnen lassen.

Damit arbeitsweltrelevante Bildungsinhalte im Betriebspraktikum gefunden werden können, müssen unterschiedliche Perspektiven, die verschiedene Aspekte der über- und innerbetrieblichen Zusammenhänge offenbaren, eingenommen werden. Ein Unternehmen ist für die Studierenden ein sehr komplexer und neuartiger Lernort, daher fällt das Einnehmen der geforderten Perspektiven sehr schwer und macht den Einsatz von unterstützenden Methoden und Hilfsmitteln erforderlich. Mit der an der Fakultät für Erziehungswissenschaften am Institut für Berufliche Fachrichtungen Chemietechnik, Umweltschutz und Umwelttechnik etablierten Methode der didaktischen Arbeitsanalyse können systematisch Informationen zu Arbeitsaufgaben, den zugehörigen Arbeitsbedingungen und deren Wirkungen auf den Arbeitsprozess gesammelt und interpretiert werden. Als Orientierungshilfe zur Durchführung einer didaktischen Arbeitsanalyse dient das von Niethammer entwickelte Ebenenmodell, das vier verschiedene Betrachtungsebenen auf Arbeitsaufgaben miteinander in

Relation setzt (Niethammer 2006). So ist es möglich bewusst zu differenzieren, ob die im Praktikum erlangten Informationen

- strategische Betrachtungen zur Stellung des Unternehmens am Markt,
- Formen der Arbeitsorganisation,
- Fragen der übergeordneten Auftragsabwicklung oder eher
- Aspekte der konkreten Arbeit im Detail betreffen.

Die Beobachtungen in der Pilotphase des Projektes zeigten, dass die Praktikanten, trotz intensiver Vorbereitung und Betreuung, große Schwierigkeiten hatten, die relevanten inner- und überbetrieblichen Zusammenhänge in ihrem Praktikumsunternehmen zu verstehen und deren Lernpotenziale für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu erkennen. Eine Ursache dafür wird den sehr komplexen und vernetzten Zusammenhängen des zu analysierenden Untersuchungsgegenstandes - das Unternehmen nach innen und außen wirkend - zugeschrieben. Als eine weitere Ursache wird die fehlende Vorerfahrung der meisten Studierenden mit betrieblichen Abläufen im Allgemeinen und eine unzureichende handlungsorientierende Unterstützung für die Durchführung einer didaktischen Arbeitsanalyse dieser Adressatengruppe, angenommen. Diese Probleme sollten durch den Einsatz eines Leitinstrumentes, das die Studierenden durch das Praktikum führt und dabei hilft, die verschiedenen Perspektiven bewusst einzunehmen, gelöst werden.

Der vorstrukturierte Praktikumsbericht als Leitinstrument für Lehramtsstudierende

Da im Betriebspraktikum der Schwerpunkt auf der Beschaffung und Dokumentation von relevanten Informationen zu betrieblichen Zusammenhängen liegt, wurde ein Instrument entwickelt, das diesem Schwerpunkt Rechnung trägt. Es sollte gewährleisten, dass die erhaltenen Informationen sortiert nach Betrachtungsebene, gemäß Ebenenmodell, notiert werden, um die jeweils betroffene Perspektive zu verdeutlichen. Außerdem sollte der Transfer der Praktikums Erfahrungen in das Unterrichtskonzept unterstützt werden, welches im Nachgang zum Praktikum gestaltet wird und mindestens eine Arbeitsweltorientierung der 1. Ausprägungsstufe aufweisen soll.

Entwickelt wurde ein vorstrukturierter Praktikumsbericht, der die Studierenden mit Hilfe von Leitfragen, ähnlich der Leittextmethode, von der Vorbereitung des Praktikums bis zur Entwicklung des Unterrichtskonzeptes führt. Der Praktikumsbericht ist in sechs Teile (A – F) gegliedert, die verschiedene Intentionen haben.

Der **Teil A** dient hauptsächlich der Vorbereitung des Betriebspraktikums. Die Studierenden können sich bereits vor dem eigentlichen Praktikum durch Dokumentenanalyse z.B. des Geschäftsberichtes bzw. Internetrecherche ein umfangreiches Bild über das Unternehmen verschaffen. Die Leitfragen in diesem ersten Teil betreffen vor allem die 1. Betrachtungsebene gemäß Ebenenmodell, d. h. durch die Beantwortung der Fragen wird das Unternehmen in übergeordnete Wirtschafts- und Gesellschaftssysteme eingeordnet. Es lassen sich Einflüsse auf den Inhalt akademischer Arbeit, die vom Staat, von Kooperationspartnern sowie vom Kunden oder Verbraucher ausgehen, identifizieren. Des Weiteren wird die Aufmerksamkeit der Studierenden auf das Organisationskonzept innerhalb des Unternehmens und die daraus resultierenden Konsequenzen auf die Gestaltung der Arbeitstätigkeit gelenkt.

Während des Praktikums wird die Frage „Wie erfolgt der typische Prozess der Produkt- bzw. Leistungserstellung?“ beantwortet, so dass der Praktikant eine genauere Vorstellung über den wertschöpfenden Prozess im Unternehmen und die vorhandenen Kooperations- und Kommunikationsstrukturen erhält. Ziel ist es, dass sich jeder Praktikant ein aussagekräftiges Unternehmensporträt erstellt und ein „Gefühl“ für sein Praktikumsunternehmen entwickelt.

Mit dem **Teil B** werden für gezielte Befragungen von ausgewählten Mitarbeitern Interviewleitfäden zur Verfügung gestellt. Die Praktikanten werden angehalten, die Arbeitsaufgaben der Befragten zu untersuchen und dabei auch Zusammenhänge und Wechselwirkungen in der Arbeitsorganisation und Auftragsabwicklung zu erfassen. Für jeden befragten Mitarbeiter entsteht ein Steckbrief, der den Beruf, die täglichen Anforderungen inklusive fachunabhängig benötigter Kompetenzen sowie die Einordnung des Mitarbeiters innerhalb des Unternehmens enthält. Auf diese Weise entstehen aktuelle Beschreibungen für Berufsbilder im Kontext des Praktikumsunternehmens.

Teil C dient der Analyse von konkreten Arbeitsaufgaben. Neben dem Initiierungskontext der Arbeitsaufgabe werden das vom Mitarbeiter benötigte Handlungs- und Sachwissen dokumentiert. Während des Praktikums füllen die Studierenden sukzessive die Lücken im Teil A sowie die Teile B und C mit den erlangten Informationen aus ihren täglichen Beobachtungen und Befragungen. Damit entsteht eine umfangreiche Datensammlung, die neben Fakten auch Begründungszusammenhänge enthält, die als Basis für die Gestaltung des arbeitsweltorientierten Unterrichtskonzeptes dient.

Mit der Aufforderung in **Teil D**, einen populärwissenschaftlichen Zeitungsartikel zu schreiben, werden die Studierenden angehalten, sich selbst die naturwissenschaftlichen, technischen und Unternehmenszusammenhänge einer ausgewählte Arbeitsaufgabe bewusst zu machen. Dies stellt den ersten Schritt in Richtung Gestalten eines arbeitsweltorientierten Unterrichtskonzeptes dar.

Die Schritte, die nötig sind, um aus der Fülle der Praktikumsinformationen die relevanten herauszufiltern und daraus ein Unterrichtskonzept zu gestalten, sind im **Teil E** aufgelistet. Auch in diesem Teil werden die Studierenden mit Leitfragen geführt. Wenn jeder Schritt konsequent entsprechend der Leitfragen ausgeführt wurde, sollten die Unterrichtskonzepte hinsichtlich der Arbeitsweltorientierung der Ausprägungsstufe 1 entsprechen.

Die letzte Seite des Praktikumsberichtes - **Teil F** - ist eine Zustimmungserklärung zur Veröffentlichung der Ergebnisse aus dem Praktikum, die von einem verantwortlichen Unternehmensvertreter zum Praktikumsende unterschrieben wird. Dadurch wird abgesichert, dass keine betrieblichen Daten verwendet werden, die unter die Geheimhaltungspflicht der Praktikanten fallen.

Die Ergebnisse des Hauptdurchganges zeigen, dass die Studierenden die betrieblichen Zusammenhänge mit dem vorgestellten Instrument deutlich besser erkennen und verstehen sowie in das Unterrichtskonzept übertragen konnten. Gleichzeitig konnte der Betreuungsaufwand gesenkt werden.

Die Teile C und D der Praktikumsberichte der Projektteilnehmer dienen als Ausgangspunkt für eine empirische Untersuchung von Transferproblemen und -einstellungen. Ausführliche Informationen dazu, sind dem nachfolgenden Artikel von S. Lein zu entnehmen.

Literatur

- Demuth, R., Fußangel, K., Gräsel, C., Parchmann, I., Ralle, B., Schellenbach-Zell, J., Weber, I. (2005). Optimierung von Implementationsstrategien bei innovativen Unterrichtskonzeptionen am Beispiel von Chemie im Kontext. Schlussbericht
- Müller R. (2005). Kontextorientierung: Physik-Didaktik – eine praxisorientierte Einführung. Hrsg.: Mikelskis, H., Berlin: Cornelsen-Verlag
- Niethammer M. (2006). Berufliches Lernen und Lehren in Korrelation zur chemiebezogenen Facharbeit. Ansprüche und Gestaltungsansätze: Berufsbildung, Arbeit und Innovation – Dissertationen/Habilitationen, Band 7. Hrsg.: Jenewein, K., Röben, P., Bielefeld: Bertelsmann Verlag

Akademische Arbeitsinhalte im Unterricht – eine lösbare Aufgabe für Lehramtsstudierende der Physik und Chemie?

Die hier vorgestellten qualitativen Forschungsergebnisse sind Teil des Projektes „Lehrer studiert Unternehmen“ (vgl. Unverricht u.a., 2012). In diesem Projekt absolvieren Lehramtsstudierende für die Fächer Physik und Chemie Betriebspraktika in innovativen Forschungs- und Wirtschaftsunternehmen. Der Schwerpunkt dieser Teilstudie liegt auf dem Transfer, d.h. der Übertragung der Praktikums Ergebnisse in den Unterricht.

Motivation zur Untersuchung der Transferphase

Einen „Boom“ erlebte das Betriebspraktikum in den 1980er Jahren in Baden-Württemberg (vgl. Wöppel, 1984, S. 14). Ausgehend von diesen Modellpraktika wurde das Betriebspraktikum in die Lehrerausbildung vieler Bundesländer eingebettet. Die unmittelbare Übertragung der Praktika in einen kontextbezogenen Unterricht wurde seit den Anfängen betont, jedoch nicht konsequent in die Studienordnungen der Lehrämter integriert (vgl. Bauer u.a., 1983, S. 80). Somit stehen keine Ergebnisse zur Verfügung, wie die Studierenden die naturwissenschaftlichen und technologischen Arbeitsinhalte eines Akademikers aufbereiten und in ein Unterrichtskonzept überführen. Diese Forschungslücke klafft, obwohl das Betriebspraktikum und der zugehörige Transfer einen Beitrag zur Entwicklung der professionellen Handlungskompetenz von Studierenden leisten können. Der Transfer ist den Anforderungen der Lehrerbildung im „Kompetenzbereich: Innovieren“ (KMK, 2004, S. 12) zuzurechnen, denn die Lehrkräfte erwerben die Fähigkeit, aktuelle Forschung und technologische Innovationen authentisch in den Unterricht zu übertragen und so ihren Unterricht zu innovieren.

Forschungsfragen

Aufgrund der beschriebenen Forschungslücke ist es das Ziel dieser Studie, die Transferphase sowohl theoretisch zu analysieren als auch empirisch zu beschreiben. Es lassen sich folgende zwei Forschungsfragen formulieren:

- Wie lassen sich die Transferprozesse theoretisch analysieren?
- Welche Probleme und Einstellungen haben Studierende beim Transfer (Übertragen) innovativer Arbeitsinhalte aus dem Betriebspraktikum in den Unterricht?

Theoretische Analyse der Transferphase

In der Transferphase wählen die Lehramtsstudierenden Arbeitsinhalte aus dem Betriebspraktikum aus, die ihrer Ansicht nach bildungsrelevant sind. Der Arbeitsinhalt muss neben naturwissenschaftlichen und technologischen Aspekten auch sinnstiftende Kontexte enthalten, damit sie für Schüler fassbar und lernenswert erscheinen.

Die Erschließung der drei Aspekte gelingt mit Hilfe des Modells der didaktischen Rekonstruktion (vgl. Komorek u.a., 2007, S. 326). Die Transferphase im Betriebspraktikum beinhaltet die Sachanalyse, Elementarisierung (vgl. Bleichroth, 1991) und didaktische Analyse (vgl. Klafki, 1969) (siehe Abb.1), jedoch nicht die konkrete Gestaltung und Umsetzung in ein Unterrichtskonzept.

Durch die didaktische Analyse sollen die Studierenden klären, worin sie die Bedeutung des Arbeitsinhaltes für die Schüler sehen und wie sie diesen im Unterricht veranschaulichen können. Dieser Prozess hängt von den subjektiven Theorien über das Lernen und Lehren des Studierenden zusammen. Die didaktische Analyse muss somit eine Bewertung aus Sicht des Lehramtsstudierenden berücksichtigen.

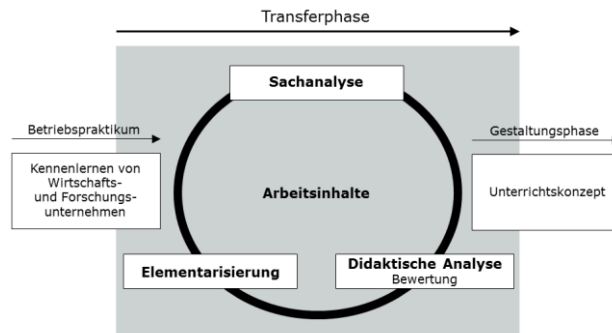


Abb. 1: Modell des Transferprozesses im Betriebspraktikum

Transferprobleme und -einstellungen von Studierenden

Das Modell des Transferprozesses ist Ausgangspunkt für die Identifikation von Transferproblemen und -einstellungen von Lehramtsstudierenden. Jeder Studierende, der an dem Projekt „Lehrer studiert Unternehmen“ teilnahm, führte einen Praktikumsbericht (vgl. Unverricht, 2013, in diesem Band), in welchem er die Ergebnisse der Sachanalyse für verschiedene Arbeitsinhalte schriftlich dokumentierte. Darüber hinaus verfasste jeder Studierende einen fiktiven populärwissenschaftlichen Zeitungsartikel zu einem ausgewählten Arbeitsinhalt, der an eine breite Öffentlichkeit adressiert sein sollte. In einem halbstandardisierten Interview wurden die Studierende zu den Arbeitsinhalten und ihren Einstellungen befragt.

Um **Transferprobleme bei der Sachanalyse** zu identifizieren, wurden die schriftlichen Ergebnisse der Sachanalyse aus dem Praktikumsbericht der Studierenden qualitativ ausgewertet. Dabei sind folgende Probleme aufgetreten:

- Die Ergebnisse der Sachanalyse sind von geringer fachlicher Tiefe, d.h. der Studierende begründet die naturwissenschaftlichen und technischen Inhalte unvollständig.
- Die Ergebnisse der Sachanalyse sind sprachlich knapp dokumentiert. Aufgrund mangelnder Informationen können die Aufzeichnungen erschwert rekapituliert werden.
- Die Ergebnisse der Sachanalyse sind in der äußeren Form unstrukturiert dokumentiert. Zwischenüberschriften oder Absätze fehlen.
- Die Ergebnisse der Sachanalyse enthalten zu wenig bildhaft-symbolische Darstellungen oder formal-mathematische Formulierungen.

Um die **Transferprobleme bei der Elementarisierung** zu identifizieren, wurden die populärwissenschaftlichen Zeitungsartikel der Studierenden qualitativ ausgewertet. Dabei sind Transferprobleme bei der inhaltlichen und sprachlichen Vereinfachung aufgetreten. Die Vereinfachung ist ein Aspekt der Elementarisierung (vgl. Bleichroth, 1991).

- Der Studierende schreibt seine Ergebnisse der Sachanalyse aus dem Praktikumsbericht ab, ohne diese für seinen Zeitungsartikel inhaltlich zu vereinfachen.
- Der Studierende nutzt bildhaft-symbolische Darstellungen oder formal-mathematische Formulierungen seiner Sachanalyse, ohne diese für seinen Zeitungsartikel inhaltlich zu vereinfachen.
- Der Studierende stimmt bildhaft-symbolische Darstellungen und den Text des Zeitungsartikels inhaltlich nicht aufeinander ab. Beide beziehen sich nicht aufeinander.
- Der Studierende verstößt gegen Prinzipien der lexikalischen und grammatischen Einfachheit. Während einige Fachbegriffe im Zeitungsartikel erklärt werden, bleiben andere

unkommentiert. Der Studierende nutzt lange Relativsätze, Nominalstil und Passivkonstruktionen, welche die Verständlichkeit des Zeitungsartikels verringern.

Da die didaktische Analyse eine subjektive Bewertung des Lehramtsstudierenden beinhaltet, soll nicht von Problemen, sondern von **Transfereinstellungen bei der didaktischen Analyse** gesprochen werden. In halbstandardisierten Interviews bewerten die Studierenden den Arbeitsinhalt durch affektive, kognitive und erfahrungsbezogene Komponenten (vgl. Dreikomponentenmodell der Einstellung aus der Sozialpsychologie, Rosenberg u.a., 1960).

- Bei der affektiven Komponente verbindet der Studierende mit dem Arbeitsinhalt positive Gefühle und Emotionen und bewertet diesen als geeignet für den Unterricht: *„Auf jeden Fall, also das ist das, was ich übelst gerne machen würde. Ich kann sehr große Begeisterung entwickeln, wenn mich was interessiert.“*
- Bei der kognitiven Komponente nutzen die Studierenden ihr Professionswissen zur Bewertung. Das eigene Fachwissen kann dabei Bewertungskriterium sein: *„Na ja der Schwingquarz ist ja auch mal Mist, weil ich den selber nicht ordentlich verstehe (lacht).“* Darüber werden u.a. Schülerinteresse, Verständlichkeit des Arbeitsinhaltes für Schüler, Lehrplanbezug, Zugänglichkeit und methodische Umsetzung bewertet.
- Bei der erfahrungsbezogenen Komponente werden Erfahrungen im Umgang mit dem Arbeitsinhalt als Bewertungskriterium herangezogen. Hier vergleichen die Studierenden den Arbeitsinhalt mit der eigenen Schulzeit und ihrer universitären Ausbildung: *„Weil das was ist, was ich in der Schule nicht gehört habe und bis jetzt an der Uni noch nicht. Und ich denke, dass ich deswegen in der Schule nicht unbedingt machen müsste [...]“*.

Fazit

Die Studierenden können die akademischen Arbeitsinhalte aus dem Betriebspraktikum teilweise auf ihren Unterricht übertragen. Die beschriebenen Transferprobleme und -einstellungen verdeutlichen, wo didaktische Maßnahmen ansetzen sollten.

In der Transferphase zeigt sich folgender Zusammenhang: Eine ausführliche Sachanalyse des Studierenden bedingt eine positive Bewertung des Arbeitsinhaltes und dies wiederum führt dazu, dass der Studierende den Arbeitsinhalt für seinen Zeitungsartikel auswählt und elementarisiert. Somit korrelieren Verhalten und Einstellung bei den Studierenden im Sinne einer kognitiven Konsistenz, um keine kognitive Dissonanz entstehen zu lassen.

Literatur

- Bauer, G., von Kaiserberg, E.-N., Lamparter, E., Meroth, H., Wöppel, J. (1983). Lehrerbetriebspraktikum in Baden-Württemberg - Ein Modell geht in Serie. Bundesarbeitsgemeinschaft Schule/Wirtschaft
- Bleichroth W. (1991a). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. In Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 39. Jahrgang, Heft 6, 4-11
- Klafki W. (1969). Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In Roth H., Blumental A. (Hrsg.): Auswahl. Grundlegende Aufsätze aus der Zeitschrift die deutsche Schule. Didaktische Analyse. 10. Auflage. Hannover: Schroedel, 5-34
- KMK (Kultusministerkonferenz) (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland
- Komorek M., Parchmann I., Kattmann U. (2007). Didaktische Rekonstruktion - Erfahrungen und Perspektiven. In Höttecke D. (Hrsg.): Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP), Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich, Literatur Verlag, 325-327
- Unverricht, I., Lein, S., Niethammer, M., Pospiech, G. (2012). Das Projekt „Lehrer studiert Unternehmen“. Ein modernes Betriebspraktikum in der Lehrerbildung. In Bernholt S. (Hrsg.): Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Bd. 32, 491-493
- Wöppel, J. (1984). Betriebspraktika für Hauptschullehrer - Eine Zwischenbilanz. In Lehren und Lernen, Heft 6, 14-30

Thomas Prestel
Gesine Seidel
Gesche Pospiech
Manuela Niethammer

TU Dresden

Projekt Naturwissenschaft trifft Kunst – didaktische Einordnung

Das Projekt „NaKuP – Naturwissenschaft trifft Kunst. Praxis begeistert!“ ist eine Kooperation zwischen der TU Dresden und den Staatlichen Kunstsammlungen Dresden. Übergeordnetes Ziel ist es, durch die Verbindung von Naturwissenschaften und Kunst die allgemeinen Lehrkompetenzen der Lehramtsstudierenden zu erhöhen. Insbesondere haben die Studierenden die Gelegenheit fächerübergreifenden und projektorientierten Unterricht für die Umsetzung am außerschulischen Lernort Kunstmuseum zu entwickeln, durchzuführen, zu evaluieren und zu reflektieren. Im Fokus der didaktischen Begleitforschung steht dabei die Kompetenzförderung in Bezug auf Beobachtung und Reflexion der Unterrichtseinheiten. Außerdem sollen systematisch allgemeine didaktische Aussagen zum fächerverbindenden Unterricht abgeleitet werden, um einen Strukturierungsansatz zur Fächerverbindung Kunst und Chemie für Studierende und Lehrkräfte zu entwickeln.

Kompetenzentwicklung im Hinblick auf fächerverbindenden Unterricht

Seit den 80er gibt es Bestrebungen, den normalen Fachunterricht in den Naturwissenschaften durch fächerübergreifenden Unterricht (FüU) zu ergänzen (Labudde & Möller, 2012). Die Notwendigkeit für FüU wird nach den Ergebnissen aus TIMMS und PISA und den BLK-Gutachten betont und durch die Verankerung in den Lehrplänen der Bundesländer ausdrücklich gefordert. Zahlreiche Forschungsprojekte zur Wirksamkeit von fächerübergreifendem Lehren und Lernen wurden im deutschen und angelsächsischen Sprachraum durchgeführt (Labudde, 2012; Stübig, 2008). Zum Begriff des fächerübergreifenden Arbeitens und seinen verschiedenen Facetten (siehe Labudde, 2003, S.54f) fehlen einheitliche Definitionen innerhalb der Lehrpläne bzw. der fachdidaktischen Literatur (Moegling, 2012). Damit mangelt es den Lehrkräften und Studierenden an einem Orientierungsrahmen für eine inhaltliche, methodische und organisatorische Strukturierung von FüU und deren Unterformen wie fächerverbindenden, fachübergreifenden, fächerkoordinierenden Unterricht, etc. Erschwerend kommt die mangelhafte Integration von FüU innerhalb der Lehramtsausbildung hinzu, so dass den Studierenden entsprechende Kompetenzen am Ende des Studiums oft fehlen. Diese Hürden tragen dazu bei, dass Lehrkräfte Schwierigkeiten haben, FüU in der Schulpraxis umzusetzen und dass man diese besondere Unterrichtsform der Zufälligkeit und Beliebigkeit überlässt. Eine Möglichkeit das Problem zu lösen, besteht darin, sich auf den Begriff der Fächerverbindung zu beschränken und exemplarisch die Fächerkombination Kunst und Chemie konkret zu analysieren.

Zielstellung des Vorhabens

Dieser Strukturierungsansatz soll Lehrkräfte aus den Fächern Chemie und Kunst unterstützen, fächerverbindende Unterrichtseinheiten eigenständig zu erarbeiten.

Im ersten Schritt wurde ein fächerverbindendes Modul mit dem Schwerpunkt Chemie und Kunst entwickelt und mit Schülern in dem außerschulischen Lernort Kunstmuseum mehrfach umgesetzt. In einem zweiten Schritt soll eine Systematisierung der Inhalte erfolgen und exemplarisch ein Strukturierungsansatz zur Fächerverbindung Kunst und Chemie abgeleitet werden. Das Modul „Den Kunstwerken analytisch auf der Spur“ wurde projektorientiert konzipiert und integriert die Fächerverbindung in folgendem Sinne: Eine übergeordnete Problemstellung kann ausschließlich durch Beiträge beider Fächer gelöst

werden (Anlehnung Comeniusinstitut, 2004). Zunächst erfolgte eine inhaltliche Analyse des Kunstmuseums einschließlich der Restaurierung, wobei potentielle chemische Bildungsinhalte aufgezeigt werden konnten. Es kristallisierten sich die Aspekte des Materials und der analytischen Methoden heraus. Aus diesem breiten Spektrum wurde ein Teilaspekt ausgewählt, nämlich die Datierung als spezielles Aufgabenfeld der Restaurierung. Das Thema wurde didaktisch reduziert, wobei der Lehrplan als Rahmen, Struktur und Orientierung diente. Die Schüler werden mit der Problemstellung konfrontiert, eine Malstudie einem bestimmten Künstler zuzuordnen. Zur Lösung dieser komplexen Aufgabe müssen einerseits Kenntnisse und Methoden der Chemie z.B. analytisches Vorgehen, nasschemische Nachweise und andererseits das Wissen über kunsthistorische und maltechnische Aspekte angewendet werden. Erste Ansätze für eine Systematisierung zeichnen sich ab, wobei eine Ableitung vom Speziellen (Datierung) zum Allgemeinen (Kunst) erfolgt. Schnittstellen zwischen den Fächern können sichtbar gemacht werden, indem man die „Kunstschablone“ über den Lehrplan der Chemie legt. Als Gemeinsamkeiten bzw. zentrale Elemente innerhalb der Kunst und Chemie finden sich die Begriffe Substanz, Material und Reaktion, welche entsprechend des jeweiligen Blickwinkels unterschiedlich betrachtet werden. Der Perspektivwechsel ist der Schlüssel, eine übergeordnete Problemstellung zu formulieren, die die verschiedenen Betrachtungsweisen und fächerverbindende Elemente aufzeigt. In Zukunft kann aufbauend auf diesen ersten allgemeinen Erkenntnissen ein Strukturierungsansatz abgeleitet werden.

Problemstellung Beobachtung und Reflexion

Ohne die Ausprägung einer reflexiven Grundhaltung der Lehramtsstudierenden in der ersten Ausbildungsphase wird der Übergang zur zweiten Phase und die damit verbundene intensive Praxiserfahrung schwer fallen. Deswegen fordert Schön (1983) für den Lehrerberuf das Leitbild des „reflective practitioners“.

Die Bedeutung der Reflexionsfähigkeit für das Lehramt ist seitdem weitgehend unumstritten, auch wenn keine Einigkeit bezüglich der Definition von Reflexionskompetenz besteht. Zahlreiche Programme wurden entwickelt, um die Reflexionsfähigkeit von Lehramtsstudierenden zu fördern bzw. zu messen (Fendler 2003). Allerdings finden diese Programme nur bedingt Einzug in den regulären Studienablauf, einerseits da sie meist relativ zeitaufwendig sind und andererseits weil sie nur mäßigen Erfolg zeigen. Am vielversprechendsten erweisen sich die Programme, welche den Studierenden die Möglichkeit geben, sich mit eigenen Unterrichtsvideos auseinanderzusetzen (Kramis, 1991; Schwedes, 2005) oder einen intensiven schriftlichen Austausch zwischen Studierenden und Mentor über Portfolios oder über digitalen Schriftverkehr anregen (Russel, 2005). Doch alles in allem zeugen auch die aktuellen Veröffentlichungen zum Thema Reflexionskompetenz noch vom bestehenden Ausbildungsbedarf (Leonhard, 2011; Abels, 2011).

Reflexionsfähigkeit

Das Verständnis von Reflexionsfähigkeit im hier vorgestellten Kontext bezieht sich auf ein Modell zum „reflexiven Lernen“ (siehe Herzig et al., 2005). Ausgangspunkt der Reflexion ist dabei eine Unterrichtssituation. Die unterschiedlichen Perspektiven (subjektive Perspektive, Perspektive von Kommilitonen oder Schülern durch Feedback, Videoperspektive) auf diese Unterrichtssituation werden im Prozess der Reflexion in Bezug zu den subjektiven Theorien und zum Professionswissen des reflektierenden Studierenden gesetzt. Das Ziel der Reflexion ist eine kritische Rückschau auf die eigene Unterrichtserfahrung, um daraus zu lernen und das eigene Handeln sowie das eigene Berufsverständnis zu hinterfragen, aber auch didaktisch zu rechtfertigen.

Programmentwicklung

Das nachfolgend vorgestellte Vorhaben zur Förderung von Reflexivität bei Lehramtsstudierenden der Physik verfolgt das Ziel, die erfolgversprechenden Aspekte der oben genannten Programme in kompakter Form zu verknüpfen und die Wirksamkeit zu untersuchen. Geplant ist ein zweiteiliger Intensivworkshop. Im ersten Teil werden die Aspekte subjektive Theorien und Unterrichtsbeobachtung näher behandelt. Im Zentrum stehen das Verständnis von gutem (Physik-)Unterricht und die Beobachtung eines fremden Unterrichtsvideos. Die Studierenden sollen bewusst an die Grenzen ihrer eigenen Beobachtungsfähigkeit herangeführt werden und die Schwierigkeiten bei der Unterscheidung zwischen Beobachtung, Interpretation und Bewertung erleben.

Im zweiten Teil findet eine Peerteaching-Session statt. In Kleingruppen erhält jeder Studierende die Gelegenheit, eine 15-minütige Unterrichtssequenz vor seinen Kommilitonen zu halten. Sowohl die Unterrichtssequenz als auch die nachfolgende Feedbackrunde werden auf Video aufgezeichnet. Die Studierenden werden angehalten, sich im Anschluss mit dem Video auseinanderzusetzen und eine schriftliche Reflexion ihrer Unterrichtssequenz zu verfassen. Eine Besonderheit ist dabei auch die Auseinandersetzung mit der auf Video aufgezeichneten Feedbackrunde. Zu den Reflexionen erhalten die Studierenden ausführliches Feedback durch die Mentoren, welches besonderes Augenmerk auf die *kritische* Auseinandersetzung legt.

Im ersten Durchlauf soll das Programm in den schulpraktischen Übungen eingesetzt werden, in einem zweiten Durchlauf dann im Rahmen des Projekts NaKuP. Inwieweit sich dieser Intensiv-Workshop als Instrumentarium zur Förderung von Reflexivität bei Lehramtsstudierenden der Physik eignet, soll untersucht werden. Dazu werden die schriftlichen Reflexionen der Studierenden zu gehaltenen Unterrichtsstunden in den schulpraktischen Übungen mit und ohne Teilnahme am Intensiv-Workshop verglichen. Die Ausarbeitung eines Instrumentariums zur Erfassung der Reflexionskompetenz mittels qualitativer Inhaltsanalyse steht noch aus.

Literatur

- Abels, Simone (2011). LehrerInnen als "Reflective Practitioner": Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Comenius-Institut (2004). Reform der sächsischen Lehrpläne. Fachübergreifender und fächerverbindender Unterricht, http://195.37.90.111/apps/lehrplandb/downloads/grundsatzpapiere/Fachuebergreifender_und_faecherverbindender_Unterricht.pdf. [17.10.2012], 3
- Fendler, L. (2003). Teacher Reflection in a Hall of Mirrors: Historical Influences and Political Reverberations, *Educational Researcher*, Vol. 32
- Herzig, B., Grafe, S., Reinhold, P. (2005). Reflexives Lernen mit digitalen Videos. In M. Welzel, H. Stadler (Hrsg.): „Nimm doch mal die Kamera“. Waxmann
- Labudde, P., Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht, *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften* 15, 11–36
- Labudde P. (2003). Fächerübergreifender Unterricht in und mit Physik: Eine zu wenig genutzte Chance, *Physik und Didaktik in der Hochschule* 1/2, 48-66
- Leonhard et al. (2011). Evaluations- und Forschungsbericht Schulpraktische Studien 2008-2010, Heidelberg
- Moegling K. (2010). Kompetenzaufbau im fächerübergreifenden Unterricht.
- Schön, D. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*, New York: Basic Books
- Schwedes, H. (2005). Videoanalyse in der schulpraktischen Ausbildung, in „Nimm doch mal die Kamera“ Hrsg. M. Welzel, H. Stadler, Waxmann
- Stübiger, F., Ludwig, H., Bosse, D. (2008). Problemorientierte Lehr-Lernarrangements in der Praxis. Eine empirische Untersuchung zur Organisation und Gestaltung fächerübergreifenden Unterrichts, *Zeitschrift für Pädagogik* 54 (3), 376-395

Hypermedia-Skripte im Physikalischen Praktikum

Ziel und Fragestellungen

Im Rahmen des Projekts „eLearning und Management in der Physikausbildung“ (eLaP) wurden Hypermedia-Skripte zur Steigerung der Lernwirksamkeit des Physikalischen Praktikums entwickelt und evaluiert. Die Hypermedia-Skripte bieten anders als die konventionellen Vorbereitungsskripte optionale Vertiefungen, die es insbesondere Nebenfachstudierenden (hier: Geowissenschafts- und Chemiestudierenden) ermöglichen sollen, Defizite im physikalischen Vorwissen abzubauen. Als optionale Vertiefungen sind Simulationen, Selbsttestaufgaben mit Feedback, Vertiefungen zur Fehlerrechnung, zu Termumformungen sowie interaktive Bildschirmexperimente (IBEs) in die Hypermedia-Skripte integriert. Optionale Vertiefungen in der Vorbereitung auf das Praktikum kamen bereits beispielsweise bei Nagel (2009) zum Einsatz. Durch die IBEs bekommen die Studierenden die Möglichkeit, den späteren Hands-on Versuch bereits in der Vorbereitung virtuell zu erproben. Hypermedia-Skripte wurden zu folgenden Versuchen des Bremer Grundpraktikums entwickelt: „Dünne Linsen und Augenmodell“, „Fraunhoferbeugung und Interferenz“ sowie „Stirling-Maschine“. Zur technischen Umsetzung der Hypermedia-Skripte wurde eine von den Universitäten Düsseldorf, Duisburg-Essen und Wien entwickelte Lernplattform verwendet (Hüther & Theyßen, 2005).

Die zentralen Fragestellungen der Studie lauten:

- Wie bewerten Studierende die Hypermedia-Skripte gegenüber den klassischen Skripten?
- Sind Praktika mit Hypermedia-Skripten lernwirksamer als Praktika mit traditioneller Vorbereitung?
- Fördern multimedial vermittelte Kenntnisse eines Versuchsaufbaus und virtuelle Handlungsmöglichkeiten die Auseinandersetzung mit dem Versuchsthema?

Die Fragen sollen mit Hilfe eines Interventions-/Vergleichsgruppendesigns (Hypermedia-Skript vs. Papier-Skript) beantwortet werden. Die Hauptstudie fand im Sommersemester 2010 und 2011 statt. Die Studie war als explorative Studie mit kleineren Probandenzahlen angelegt. Die Interventions- und Vergleichsgruppen zum Versuch „Dünne Linsen und Augenmodell“ umfassten beispielsweise jeweils 29 Nebenfachstudierende.

Ausgewählte Ergebnisse der Hauptstudie

In diesem Beitrag wird nur auf die Ergebnisse zur dritten oben genannten Fragestellung eingegangen. Ergebnisse zu den anderen beiden Fragestellungen sind u. a. bereits in Fricke und Schecker (2012) veröffentlicht worden.

Die Frage, ob die multimedial vermittelten Kenntnisse des Versuchsaufbaus und die virtuellen Handlungsmöglichkeiten die Auseinandersetzung mit dem Versuchsthema fördern, wurde unter zwei Aspekten betrachtet. Einerseits wurde untersucht, ob die Studierenden der Interventionsgruppe zu Beginn des Praktikums ein höheres versuchsspezifisches Fachwissen aufwiesen als die der Vergleichsgruppe. Andererseits wurde die Vorgehensweise bei der Durchführung des Realexperiments im Grundpraktikum mit Hilfe von Videos analysiert. Dafür wurden acht Zweiergruppen pro Interventions- und Vergleichsgruppe des Versuchs „Dünne Linsen und Augenmodell“ ausgewertet. Die Auswertung orientierte sich methodisch an der Studie „Labwork in Science Education“ (Niederer et al., 2002). Kodiert wurden *Handlungen* (Kategorien: Anweisung, Aufbau, Messen, Auswertung, Sonstiges) und *Verba-*

lisierungen (Kategorien: technisch, physikalisch-technisch, physikalisch, mathematisch, bezugnehmend auf IBE). Zusätzlich sind die aufgetretenen Fehler bzw. Probleme mit Hilfe induktiv aus den Videos entwickelter Kategorien kodiert worden. Sie umfassen die Einschätzung, ob das Problem aufgetreten ist oder nicht (z. B. ob zuerst falsche Geräte genommen wurden), aber auch die Art der Lösung des Problems. An der Kodierung der Videos waren zwei trainierte Kodierer beteiligt. Bei der Überprüfung der Interrater-Reliabilität ergaben sich für Kohens κ Werte zwischen 0.50 und 1.00, wobei sich Werte unter 0,7 nur bei den Verbalisierungen ergaben, die teilweise sehr selten aufgetreten sind (s. Abb. 2). Die Auswertung der Videos beschränkte sich auf drei von acht Teilaufgaben des Praktikumsversuchs (Brennweitenbestimmung (Autokollimation), Brennweitenbestimmungen bei einer variablen Linse (Autokollimation) und Ermittlung der Füllvolumina für verschiedene Gegenstandsweiten beim Auge). Die Kodierungen fanden in 15-Sekunden-Intervallen statt.

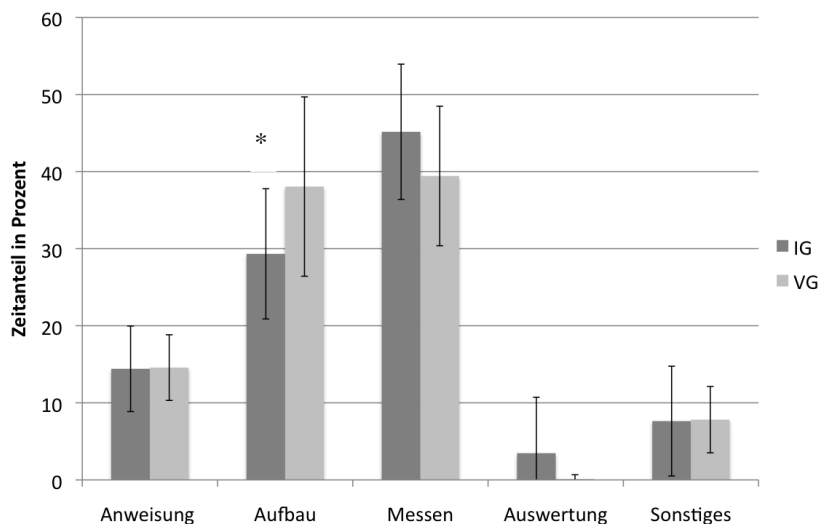


Abb. 1: Vergleich der Zeitanteile der Handlungen der Interventions- und Vergleichsgruppe im Physikalischen Praktikum (*: signifikant auf 0.05 Niveau, t-Test)

Abbildung 1 zeigt, welchen Zeitanteil die Studierenden der Interventions- und Vergleichsgruppe jeweils mit den einzelnen Phasen des Praktikums verbracht haben. Die Zeit ist dabei in Bezug zur insgesamt mit den drei Teilaufgaben verbrachten Zeit gesetzt. Erkennbar ist, dass die Interventionsgruppe mit dem Aufbau des Versuchs einen signifikant geringeren Anteil der Zeit verbringt als die Vergleichsgruppe. Dieses Ergebnis passt zu der Annahme, dass die Studierenden der Interventionsgruppe den Versuchsaufbau durch die IBEs im Hypermedia-Skript intensiver kennengelernt haben als die Vergleichsgruppe durch das Papierskript, so dass ihnen der Aufbau im Realexperiment leichter fällt. Ergänzend wurde untersucht, ob sich dieser Unterschied bei allen drei Teilaufgaben zeigt. Bei der ersten und dritten Teilaufgabe ließ sich ein Vorteil für die Hypermedia-Gruppe in der Aufbauphase erkennen. Die Anteile der Aufgabephase der zweiten Teilaufgabe waren bei beiden Gruppen hingegen gleich. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass dort die gleiche Vorgehensweise gefordert wird wie bei Teilaufgabe eins. Dadurch entfällt der bei Aufgabe eins noch vorhandene Vorbereitungsvorsprung der Interventionsgruppe. Bei Teilaufgabe drei wird hingegen ein anderer Aufbau verwendet, auf den die Interventionsgruppe wiederum besser vorbereitet zu sein scheint.

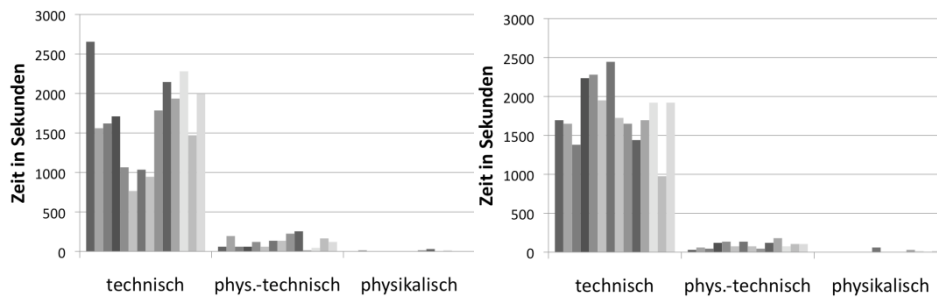


Abb. 2: Verbalisierungen der Studierenden während des Realexperiments (links: Interventionsgruppe; rechts: Vergleichsgruppe; jede Säule steht für einen Studierenden)

In Abbildung 2 sind die Verbalisierungen der Interventions- und Vergleichsgruppe während der drei Teilaufgaben dargestellt. Es lässt sich kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen in den Verteilungen der Verbalisierungen hinsichtlich ihres Inhalts erkennen. Auffällig ist, dass es bei der Durchführung des Realexperiments fast ausschließlich zu technischen Äußerungen kommt (z. B. „Dann muss das Ding hier hin und das hier.“), während physikalisch-technische und insbesondere physikalische Äußerungen selten auftreten. Die Ergebnisse decken sich mit denen früherer Studien (z. B. Hucke, 2000): Über Physik wird im Praktikum kaum explizit gesprochen. Das ändert sich auch nicht durch eine hypermediale Vorbereitung.

Bei der Auswertung der Videos hinsichtlich aufgetretener Fehler bzw. Probleme während des Praktikumstermins war ein Unterschied zwischen der Interventions- und Vergleichsgruppe nur beim Versuchsaufbau der ersten Teilaufgabe beobachtbar. Die Interventionsgruppe hatte damit weniger Probleme (vgl. den Zeitvorteil oben). Bei den Aufbauphasen der zweiten und dritten Teilaufgabe sowie bei den Messphasen traten bei allen Gruppen ungefähr gleich viele Schwierigkeiten auf. Auch eine Einschätzung der Qualität des Vorgehens und des Umgangs mit dem Experimentiermaterial führte zu ähnlichen Ergebnissen.

Fazit

Die Ergebnisse der videobasierten Analyse von Prozessen im Grundpraktikum legen nahe, dass Hypermedia-Skripte mit integrierten IBEs den Studierenden in der ersten Phase der Arbeit am Versuch einen begrenzten Vorteil bieten. Der Aufbau gelingt schneller und es treten weniger Probleme auf. Diese Vorteile nehmen im Laufe des Praktikums wieder ab. Die multimedial vermittelten Kenntnisse des Versuchsaufbaus scheinen aber auch im späteren Versuchsablauf noch einen Zeitvorteil zu bieten, wenn eine Teilaufgabe einen veränderten Versuchsaufbau bzw. eine veränderte Vorgehensweise beim Experiment erfordert.

Literatur

- Fricke, A. & Schecker, H. (2012). Hypermediale Vorbereitung auf das Physikalische Praktikum. In: Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht – GDCP Jahrestagung in Oldenburg. Berlin: LIT Verlag
- Hucke, L. (2000). Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. Berlin: Logos Verlag
- Hüther, M. & Theyßen, H. (2005). Vergleichende Untersuchung zur Lernwirksamkeit einer hypermedialen Lernumgebung und eines Praktikums an der Hochschule. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 11, 117-129
- Nagel, C. (2009). eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum. Berlin: Logos Verlag
- Niederderer, H., v. Aufschneider, S., Tiberghien, A., Buty, C., Haller, K., Hucke, L., Sander, F. & Fischer, H. (2002). Talking Physics in Labwork Contexts - A Category Based Analysis of Videotapes. In D. Psillos & H. Niederderer (Hrsg.), Teaching and Learning in the Science Laboratory. Dordrecht: Kluwer, 31-40

Physikdidaktischer Kompetenzerwerb im Praktikum „Physikalische Schulexperimente“

Einleitung

An der Universität Potsdam ist das Praktikum „Physikalische Schulexperimente“ ein etablierter Bestandteil der Physik-Lehramtsausbildung. Die Veranstaltung wurde ca. 20 Jahre lang in kaum veränderter Form angeboten, als sich 2010 die Möglichkeit zu einer grundlegenden Überarbeitung bot. Die Erfahrung zeigte zu diesem Zeitpunkt, dass die Studierenden die Veranstaltung nutzen, um ihr Wissen und ihre Fähigkeiten im Umgang mit schultypischen Experimentiergeräten sowie ihr schulnahes Fachwissen zu erweitern. Physikdidaktische Kompetenzen, die die Lehrveranstaltung laut Modulbeschreibung adressieren soll, wurden hingegen bestenfalls am Rande erworben. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die Neugestaltung der Lehrveranstaltung und einen Teil der Evaluationsergebnisse.

Kursdesign und Zielstellungen

Ziel der Veranstaltung ist es, dass die Studierenden am Ende der Veranstaltung

- eine Experimentiersequenz begründet konzipieren (Ziel 1),
- ein Experiment unter Berücksichtigung von Lernvoraussetzungen und Schülervorstellungen planen (Ziel 2),
- begründete Entscheidungen über die Gestaltung und Inszenierung einer Experimentiersequenz treffen (Ziel 3),
- zu einem Experiment passende Lernziele formulieren (Ziel 4),
- ein Experiment an Lernziele anpassen oder passend auswählen (Ziel 5),
- ein Experiment schülergerecht und fachlich angemessen darstellen (Ziel 6),
- Experimente sicher und souverän präsentieren können (Ziel 7).

Um die „time on task“ zu erhöhen, zusätzliche kognitive Aktivität zu erreichen und Interaktions- und Feedbackmöglichkeiten in Vor- und Nachbereitung der Präsenztermine zu ermöglichen, bietet sich die Gestaltung eines „hybrid course“ (Graham & Kaleta, 2002) bzw. eines „blended learning arrangement“ (Bonk & Graham, 2005) an. Nach ersten Versuchen mit einer „mixxt“-community (vgl. Rabe, Krey & Rau, 2012) wird dies inzwischen durch ein Doku-Wiki realisiert. In diesem Wiki bearbeiten die Studierenden in Vor- und Nachbereitung der Präsenztermine Aufgaben und erhalten konstruktive Rückmeldungen von anderen Lernenden und den Lehrenden. Die Aufgaben umfassen z. B. das Erstellen eines Experimentierpools zum gewählten Themenbereich, das Identifizieren von relevanten Schülervorstellungen und Antizipierten von Lernschwierigkeiten, das Formulieren von Lernzielen etc.

Das Evaluationsvorhaben

Evaluieren werden drei Durchgänge des Praktikums. Zwei dieser Kurse fanden auf der Grundlage einer alten Studienordnung in den Sommersemestern 2011 (N=30) und 2012 (N=22) mit Studierenden des vierten Semesters im Bachelorstudiengang Lehramt Physik statt, die Physik als erstes oder zweites Fach studieren. Ein weiterer Kurs erstreckt sich, auf der Grundlage einer neuen Studienordnung, über zwei Semester (Wintersemester 2011/12 und Sommersemester 2012, N=17) und richtet sich an Erstfachstudierende im ersten Semester eines Bachelorstudienganges Lehramt Physik. Innerhalb des Kurses durchlaufen

die Studierenden die Themenblöcke Mechanik, Optik und Elektrizitätslehre, deren Struktur der folgenden *Abb. 1* zu entnehmen ist.

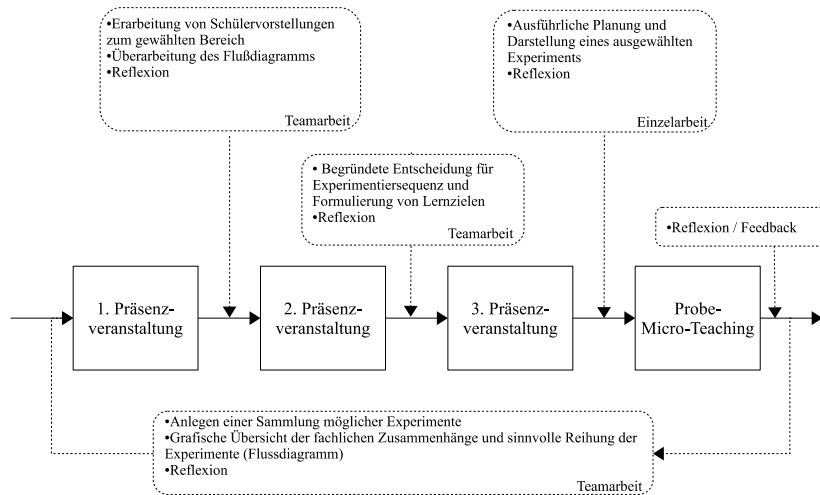


Abb. 1: Kursdesign nach alter Studienordnung (SoSe 2011).

Die Abbildung zeigt das Kursdesign nach alter Studienordnung. Die Umsetzung der Lehrveranstaltung im Rahmen der neuen Studienordnung unterscheidet sich lediglich in der zeitlichen Verteilung, weil zu Beginn jedes Blocks und nach dem zweiten Experimentiertermin ein theoretischer Input in Form eines Seminars erfolgen. Dies ist notwendig, da die Studierenden im ersten Semester erforderliche fachdidaktische Kenntnisse nicht mitbringen. Im Rahmen unserer Evaluationsstudie wurden qualitative und quantitative Daten erhoben. Einerseits wurden Interviews durchgeführt, die Produkte der Aufgabenbearbeitung analysiert und die Aufgabenbearbeitung durch Audioprotokolle lauten Denkens dokumentiert (vgl. Rau, Krey & Rabe, 2013, in diesem Band). Mit Hilfe eines Fragebogens wurden Vor- und Einstellungen zu den folgenden Konstrukten erhoben, die Riese (2009) entnommen sind:

- Bedeutung des Experiments bei der Erkenntnisgewinnung (3 Items),
- Experiment im Physikunterricht (4 Items),
- Schülerorientierung beim Experimentieren (6 Items),
- Fachenthusiasmus gegenüber der Tätigkeit des Experimentierens (4 Items).

Ebenfalls mit Hilfe eines Fragebogens wurden die Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden in den Handlungsfeldern „Umgang mit Schülervorstellungen“ und „Umgang mit Experimenten“ in den Dimensionen Planung und Durchführung erhoben (jeweils 7 Items). Schließlich enthielt der Fragebogen die Aufforderung, Selbsteinschätzungen bezogen auf die oben formulierten Ziele vorzunehmen und einen physikdidaktischen Wissenstest, der sich an den aufgeführten Zielen orientiert, zu bearbeiten. Alle eingesetzten Ratingskalen sind vierstufig (stimme voll zu (3), stimme eher zu (2), stimme eher nicht zu (1), stimme gar nicht zu (0)). Im Folgenden sollen ausgewählte Ergebnisse dieser quantitativen Erhebung im Prä-Post-Design vorgestellt werden.

Evaluationsergebnisse

Auf keiner der verwendeten Vor- und Einstellungsskalen lassen sich signifikante Unterschiede in der Ausprägung der verschiedenen Vor- und Einstellungen zwischen Prä- und Posttest feststellen. Hier liegt ein bisher ungenutztes Potenzial der Lehrveranstaltung.

Die Fähigkeitseinschätzungen der Studierenden bezüglich der von uns anvisierten Lernziele zeigen, dass die Studierenden nach alter Studienordnung glauben, in den von uns anvisierten Zielbereichen etwas zu lernen, wie die hochsignifikanten Unterschiede zwischen Prä- und Posttest zeigen (mittlere bis starke Effekte). Für die Studierenden nach neuer Studienordnung liegen für die Ziele 4 bis 7 keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Prä- und Posttest vor. Es ist zu vermuten, dass die Befragten zum Zeitpunkt des Prätests einfach über keine angemessene Beurteilungsgrundlage für die Items (Lernziele) verfügen und diese erst im Verlauf der Lehrveranstaltung erwerben.

Diese Interpretation ist konsistent mit einer Beobachtung bei den Selbstwirksamkeitserwartungsskalen. Hier zeigt sich zunächst, dass diese auf allen eingesetzten Skalen signifikant zunehmen (starke Innersubjekteffekte). Dies gilt für die Skalen zum Umgang mit Experimenten im Physikunterricht (Planungsdimension: $F(1;65)=46,65^{**}$, $\eta^2=0,42$, Durchführungsdimension: $F(1;65)=25,03^{**}$, $\eta^2=0,29$), wie auch für die Skalen zum Umgang mit Schülervorstellungen (Planungsdimension: $F(1;35)=12,56^{**}$, $\eta^2=0,26$, Durchführungsdimension: $F(1;35)=17,60^{**}$, $\eta^2=0,34$). Während keine bedeutsamen Zwischensubjekteffekte zu vermerken sind, lassen sich für die Skalen zum Umgang mit Schülervorstellungen deutliche ($\eta^2 \geq 0,26$) und für die Skalen zum Umgang mit Experimenten schwache ($\eta^2 \geq 0,07$) signifikante Interaktionseffekte feststellen. Die Zunahme der Selbstwirksamkeitserwartungen ist also gruppenspezifisch. Genauere Analysen zeigen, dass auf allen Skalen die Prätest-Mittelwerte der Studierenden nach neuer Studienordnung tendenziell oder signifikant höher liegen als die der Gruppen, die nach alter Studienordnung studiert haben. Auch hier liegt also scheinbar eine Überschätzung vor, die darauf zurückzuführen sein dürfte, dass den Studierenden im ersten Semester eine fachliche Grundlage für eine angemessene Beurteilung der gegebenen Items fehlt.

Schließlich zeigt der Wissenstest, dass die Studierenden unabhängig davon, ob sie das Praktikum als ein- oder zweisemestrige Veranstaltung durchlaufen, physikdidaktisches Wissen aufbauen. Der Testscore nimmt signifikant zu (starker Effekt). Mit Hilfe eines Kurztests (drei der neun Aufgaben des Wissenstests) ließ sich zumindest für die Studierenden nach neuer Studienordnung zeigen, dass dieses Lernen auch nachhaltig ist. Die Testscores zwischen Prä- und Post- bzw. Prä- und Follow-Up-Messzeitpunkt unterscheiden sich signifikant (starker Effekt), zwischen den Testscores zum Post- und Follow-Up-Messzeitpunkt besteht kein signifikanter Unterschied.

Schlussfolgerungen

Damit stellt sich die Lehrveranstaltung als lernwirksam heraus. In den anvisierten Zielbereichen können subjektiv (Selbsteinschätzung) und objektiv (Wissenstest) deutliche Verbesserungen festgestellt werden, die nachhaltig sind. Auch die spezifischen Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden nehmen in den adressierten Handlungsfeldern zu. Schließlich gibt es Hinweise darauf, dass dieser Kurs von den Studierenden im ersten Semester nicht optimal genutzt werden kann.

Literatur

- Bonk, C., & Graham, C. (2005). Handbook of blended learning: Global perspectives, local designs. San Francisco, CA: Pfeiffer Publishing
- Garnham, C., & Kaleta, R. (2002, March). Introduction to hybrid courses. Teaching with Technology Today, 8 (6). (<http://www.uwsa.edu/ttt/articles/garnham.htm>; 26.09.2012)
- Rabe, T., Krey, O. & Rau, F. (2012). Learning to Implement School Experiments in a Blended Learning Approach: An Evaluation Study. In C. Bruguière, A. Tiberghien, & P. Clément, eds. Ebook Proceedings of the ESERA 2011 Conference. Science and Citizenship. ESERA, pp. Part 12, 156-162
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos

Globalisierung und Naturwissenschaftsdidaktik

Übersicht

Die Globalisierung ist der Vorgang der zunehmenden weltweiten Verflechtung in allen Bereichen (Wirtschaft, Politik, Kultur, Umwelt, Kommunikation etc.). Diese Verdichtung der globalen Beziehungen geschieht auf der Ebene von Individuen, Gesellschaften, Institutionen und Staaten. Als wesentliche Ursachen der Globalisierung gelten der technische Fortschritt, insbesondere in den Kommunikations- und Transporttechnologien, sowie die politischen Entscheidungen zur Liberalisierung des Welthandels (Wikipedia, 2012).

Es kann kein Zweifel bestehen, dass Prozesse der Globalisierung einen großen Einfluss auf alle Lebensbereiche haben – auf die Wirtschaft, die Technik, die Kultur und die Bildung. Diese Prozesse sind eng miteinander vernetzt. Prozesse ökonomischer und kultureller Globalisierung können nur dann erfolgreich sein, wenn sie durch die Bildungssysteme systematisch unterstützt werden (Brown, Lauder & Ashton, 2008). Aktuelle Konzeptionen von „Scientific Literacy“ (z.B. Osborne, 2007) betonen, dass Schülerinnen und Schüler mit naturwissenschaftlichen Begriffen, Prinzipien und Denk- und Arbeitsweisen vertraut sein müssen, um aktiv an der Weiterentwicklung der Naturwissenschaften und der Technik teilnehmen und zugleich die Bedeutung naturwissenschaftlicher Kenntnisse zum Verständnis von Natur und Gesellschaft erkennen zu können. Nicht zuletzt ist es ein wichtiges Anliegen, Schülerinnen und Schülern aktives Engagement im gesellschaftlichen Raum zu ermöglichen (Hodson, 2003). Angesichts der Bedeutung der weltweiten Globalisierungen in Wirtschaft, Technologie, Wissenschaft, Kultur und Bildung ist es erstaunlich, dass in der internationalen Literatur zu „Science Education“ Aspekte der Globalisierung erst seit kurzem auch unter diesem Label diskutiert werden. Um die Bedeutung dieses Aspekts zu betonen, haben die Herausgeber des „Journal of Research in Science Teaching“ (JRST) ein „Special Issue on Globalization“ initiiert (Chiu & Duit, 2011). Dabei geht es um die folgenden Aspekte: Zum einen wird die Rolle des naturwissenschaftlichen Unterrichts bei Prozessen kultureller und wirtschaftlicher Globalisierung hervorgehoben und es wird diskutiert, wie diese Zusammenhänge im naturwissenschaftlichen Unterricht berücksichtigt werden sollten. Zum anderen werden Prozesse der Globalisierung naturwissenschaftsdidaktischer Forschung kritisch beleuchtet. Dabei wird vor allem die Dominanz derjenigen Kolleginnen und Kollegen auf internationaler Ebene in Frage gestellt, bei denen Englisch Mutter- bzw. Arbeitssprache ist. Schließlich wird am Beispiel der internationalen Kooperation hinsichtlich der Entwicklung von Standards gezeigt, dass hier Globalisierungsprozesse die Vielfalt nationaler Akzente nicht in dem Maße einebnen, wie es in der Literatur zu Globalisierung befürchtet wird.

Globalisierung und Schwerpunkte des naturwissenschaftlichen Unterrichts

Aufbauend auf soziologischen (z.B. Beck, 2000) und pädagogischen (z.B. Apple, 1999) Positionen wird in der aktuellen Literatur zu „globalisation and science education“ argumentiert (Carter, 2008; Bencze & Carter, 2011; Gough, 2008), dass „neo-liberale“¹, „neokonservative“² und „kapitalistische“ Positionen in den derzeitigen Prozessen ökonomischer und kultureller Globalisierung dominieren. Es wird geltend gemacht, dass

¹ „An economic and political fundamentalisms that generalizes the economic form to all human conduct including education“ (Carter, 2008).

² „Aims to assert Eurocentric control, protecting the canon from the contamination of competing narratives and practices newly available in the globalizing world“ (Carter, 2008).

durch die Vermittlung naturwissenschaftlichen Wissens Gesellschaften „westliche“ Ideen mit eigener „indigener“ Tradition übergestülpt würden und so deren kulturelle Identität zerstört, zumindest aber erheblich beschädigt würde (Quigley, 2009). Dieses Argument scheint überzogen zu sein. Zunächst ist zu berücksichtigen, dass Verständnis der „westlichen“ Naturwissenschaften nötig ist, um an der modernen globalisierten Welt teilzuhaben. Weiterhin haben Untersuchungen im Umfeld von „conceptual change“ nachdrücklich gezeigt, dass indigene Vorstellungen nicht einfach ausgelöscht werden können, sondern ihre Funktion in vielen Lebenssituationen behalten. Die Konsequenzen, die für die Praxis des naturwissenschaftlichen Unterrichts gezogen werden (s. z.B. Bencze & Carter, 2011), stimmen in wesentlichen Aspekten mit denen überein, die im internationalen Raum unter den Labels „Science, Technology, Society – STS“ (Solomon & Aikenhead, 1994) und „socio-scientific“ (Sadler, 2009) diskutiert werden. Allerdings fällt bei diesen Ansätzen die gesellschaftliche Kritik weniger radikal aus als z.B. bei Bencze und Carter. Erinnert werden muss an dieser Stelle, dass im Rahmen der GDCP-Jahrestagungen in den 1970er Jahren engagierte Debatten über Ansätze geführt wurden, die ähnlich radikal das kapitalistische System in Frage stellten wie Bencze und Carter (2011). Im Rahmen des IPN Curriculum Physik für das 9. und 10. Schuljahr entstanden in dieser Zeit z.B. Unterrichtseinheiten, die wichtige gesellschaftliche Probleme, wie die Debatte über Kernkraftwerke (Mikelskis & Lauterbach, 1976), unter die Lupe nahmen. Diese Arbeiten sind vom niederländischen Projekt PLON (Eijkelhof & Lijnse, 1988) aufgenommen und weitergeführt worden.

Zur Globalisierung naturwissenschaftsdidaktischer Forschung

Seit den 1970er Jahren hat sich naturwissenschaftsdidaktische Forschung stetig weiter entwickelt – national wie international. Die Mitgliederzahlen der beiden international führenden Verbände, nämlich ESERA (European Science Education Research Association) und NARST (National Association of Research in Science Teaching), haben sich in den vergangenen 20 Jahren mehr als verdoppelt, in gleicher Weise sind die Teilnehmerzahlen der Jahrestagungen gestiegen. Die Globalisierung naturwissenschaftsdidaktischer Forschung schreitet ungebrochen voran. Grundsätzlich sind diese Entwicklungen positiv zu sehen. Unterschiedliche nationale Akzente bieten Chancen für die Weiterentwicklung des eigenen Standpunktes. Ein zentrales Problem ist allerdings, dass die Kommunikation über Forschungsfragen – wie in anderen Wissenschaften auch – auf Englisch abläuft. Die Verständigung ist schwieriger als in den Naturwissenschaften, weil es keinen formalen Code der Verständigung (wie ihn beispielsweise die Mathematik bereitstellt) gibt, also eine sehr weit entwickelte Fähigkeit im Englischen zu kommunizieren, nötig ist. Martin und Siry (2011) setzen sich mit diesem Problem auseinander. Sie kommen erstens zum Schluss, dass *alle* international führenden naturwissenschaftsdidaktischen Zeitschriften in Ländern beheimatet sind, in denen English die Muttersprache ist. Die meisten Herausgeber und Ko-Herausgeber, die meisten Autoren und die meisten Gutachter kommen ebenfalls aus diesen Ländern (nämlich aus Großbritannien, Irland, USA, Kanada, Australien und Neuseeland). Sie haben weiterhin untersucht, aus welchen Ländern die Autoren stammen, die in den vier international führenden Zeitschriften für Science Education publizieren. Auch hier gibt es eine Dominanz von Autoren, in deren Ländern English Muttersprache oder Arbeitssprache ist. Schließlich haben sie eine Reihe von Naturwissenschaftsdidaktikern interviewt. Es ergibt sich ein breites Spektrum von Gründen, warum es vor allem junge und noch weniger erfahrene Naturwissenschaftsdidaktiker aus Ländern, in denen English nicht Muttersprache ist, schwer haben, auf internationaler Ebene wahrgenommen zu werden.

Standards und die Globalisierung von „Science Education“

DeBoer (2011) hat die Rolle, die Bildungsstandards in 22 Ländern (USA, Canada, eine Reihe von europäischen Ländern, Australien, Singapore, Süd-Korea, Hong Kong und

Taiwan) gespielt haben, untersucht. Er hat sich dabei auf zwei Quellen gestützt: (1) Die Länderberichte einer internationalen Konferenz zu Standards in Kiel (Waddington, Nentwig, & Schanze, 2007) und (2) eine Studie der US Organisation Achieve (2000). Die Analyse berücksichtigt Wechselwirkungen von Standards und den internationalen Studien TIMSS und PISA, weltweite Bemühungen um die Verbesserung der Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts sowie Ergebnisse der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. In der oben diskutierten Literatur zu Globalisierung dominieren kritische Positionen zur Rolle von Standards. Carter (2005, S. 566) ist zum Beispiel der Auffassung, Standards spielten eine wesentliche Rolle, Ländern mit eigener Tradition „westliche“ Konzeptionen des naturwissenschaftlichen Unterrichts überzustülpen (s. auch Bencze und Carter, 2011). Angesichts dieser Kritik ist es bemerkenswert, dass die Analyse, die de Boer vorlegt, eine eindrucksvolle Vielfalt von nationalen Interpretationen, was Standards bedeuten und welche Rolle sie spielen sollten, ergab. In anderen Worten, die Globalisierung zentraler Ideen von Standards und die Akzeptanz von PISA und TIMSS Tests scheint die nationalen Akzente jedenfalls im Kern weitgehend bestehen zu lassen.

Literatur

- Achieve (2010). Taking the lead in science education. Forging next generation science standards. Washington, DC: Achieve (<http://www.achieve.org/files/InternationalScienceBenchmarkingReport.pdf> // 13.09.2012)
- Apple, M.W. (1999). Power, meaning and identity. Essays in critical educational studies. New York: Peter Lang
- Beck, U. (2000). What is globalization? Cambridge, UK: Polity Press.
- Bencze, L., & Carter, L. (2011). Globalizing students acting for the common good. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(6), 648-669
- Brown, P., Lauder, H., & Ashton, D. (2008). Education, globalization and the knowledge economy. London, UK: TLRP – Institute of Education, University of London
- Carter, L. (2005). Globalisation and science education: Rethinking science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (5), 561-580
- Carter, L. (2008). Globalization and science education; The implications of science in the new economy. *Journal of Research in Science Education*, 45 (5), 617- 633.
- Chiu, M.-C., & Duit, R., Eds. (2011). Special Issue on Globalization in Science Education. *Journal of Research in Science Education*, 48 (6)
- DeBoer, J. (2011). The globalization of Science Education. *Journal of Research in Science Education*, 48 (6), 567-591
- Eijkelhof, H., & Lijnse, P. (1988). The role of research and development to improve STS education: Experiences from the PLON project. *International Journal of Science Education*, 10(4), 464-474
- Gough, N. (2008). All around the world: Science education, constructivism, and globalisation. In B. Atweh et al. (Eds.), *Internationalisation and globalisation in mathematics and science education*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 39-55
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25 (6), 645-670
- Martin, S.N., & Siry, C. (2011). Networks of practice in science education research: A global context. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (6), 592-623
- Mikelskis, H., & Lauterbach, R. (1976). *Energieversorgung durch Kernkraftwerke*. IPN Curriculum Physik für das 9. und 10. Schuljahr. Stuttgart: Klett
- Osborne, J. (2007). Science education for the twenty first century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science, and Technology Education*, 3 (3), 173-184
- Quigley, C. (2010). Globalization and science education: The implications for indigenous knowledge systems. *International Education Studies*, 2 (1), 76-88
- Sadler, T. (2009). Situated learning in science education - socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45 (1), 1-42
- Solomon, J., & Aikenhead, G. (1994). *STS Education: International perspectives of reform*. New York. Teacher College Press
- Waddington, D., Nentwig, P., & Schanze, S., Eds. (2007). *Making it comparable: Standards in science education*. Münster: Waxmann
- WIKIPEDIA (2012). Globalisierung (<http://de.wikipedia.org/wiki/Globalisierung> // 13.09.2012)

Claudia Fischer
 Karen Rieck
 Brigitte Döring

IPN Kiel

SINUS an Grundschulen – Mathematik und Naturwissenschaften entwickeln

Ernüchternde empirische Befunde aus internationalen Schulleistungsvergleichsstudien bildeten 1998 den Ausgangspunkt für die Einrichtung eines Programms zur „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (SINUS) für Sekundarschulen (1998-2007 mit 1.800 Schulen und 6.000 Lehrkräften). 2004 wurde der Ansatz auf Grundschulen übertragen (2004-2013 mit aktuell 850 Grundschulen und 4.000 Lehrkräften). Die Programme verstehen sich als Beitrag zur Professionalisierung der Lehrpersonen. Besser qualifizierte Lehrkräfte tragen entscheidend zur Verbesserung des Lernens und schließlich der Schülerleistung bei – so der Grundgedanke.

Wirksamkeit von Fortbildung

Befunde aus der Lehrerprofessionalisierungsforschung zeigen (z. B. Ball & Cohen, 1999; Garet, Porter, Desimone, Birman & Yoon, 2001; Desimone, 2009), dass Fortbildungsprogramme dann besonders effektiv sind, wenn ...

- der inhaltliche Schwerpunkt auf Entwicklungsbereichen des Unterrichts liegt,
- Lehrpersonen aktiv lernen und eigene, maßgeschneiderte Lösungen für tatsächliche Probleme entwickeln,
- Lehrkräfte in der Schule und schulübergreifend kollegial zusammenarbeiten,
- Programme inhaltlich und organisatorisch strukturiert und koordiniert sind sowie
- über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden.

All dies sind auch Merkmale der SINUS-Programme (Demuth, Walther & Prenzel, 2011). Lehrkräfte arbeiten in ihrer Schule als (Fach-)Gruppe und schulübergreifend in einem Netzwerk (Set) zusammen. Dabei gehen sie zyklisch vor und identifizieren zunächst einen Entwicklungsbereich für ihren Unterricht. Dann legen sie ein Ziel fest, bestimmen die zu seiner Umsetzung erforderlichen Maßnahmen, führen diese durch, reflektieren das Ergebnis und kommen idealerweise zu weiteren Entwicklungsschritten (SINUS-typischer Entwicklungsverlauf).

Fragestellungen der Begleitforschung

Alle SINUS-Programme wurden und werden wissenschaftlich begleitet. Dabei wird Wissen in drei Domänen erzeugt: (1) für die Steuerung des Programms, (2) über den Prozess der Unterrichtsentwicklung und (3) über die Wirkungen des Programms auf den Unterricht, auf Lehrkräfte, Schülerinnen und Schüler. Folgende Fragen sind untersuchungsleitend:

- Wie wird das Programm umgesetzt (z. B. Inhalte, Strukturen, Rahmenbedingungen, Ressourcenzuweisung und -nutzung, Akteurinnen und Akteure)?
- Welche Maßnahmen helfen bei der Umsetzung (z. B. schriftliche Handreichungen, Beratung durch Koordinierungspersonen, Fachgruppenarbeit, Unterstützung durch die Schulleitung)?
- Wie „funktionieren“ Kernelemente des Programms (z. B. kollegiale Kooperation, Verbesserung des fachlichen Niveaus, Kompetenzorientierung, kognitive Aktivierung)?
- Welche Veränderungen sind im Unterricht sichtbar (z. B. bei den Skripten der Lehrpersonen)?
- Welche Wirkungen zeigen sich bei den Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften?
- Wie kommt Neues in die Schule und bleibt dort?

Maßnahmen der Begleitforschung

2010 und 2013 finden *Gesamtbefragungen aller Lehrkräfte und Schulleitungen* statt. Sie erfassen die Haltung zum Programm, die Akzeptanz und das Ausmaß, in dem sich die Befragten unterstützt fühlen, sowie die Weiterentwicklung ihrer Einstellungen. Der jährliche *Zwischenbericht* aus den Ländern enthält Informationen über die Akzeptanz des Programms und einzelner Maßnahmen sowie die Nutzung des Unterstützungsangebots. Die 2010 und 2012 gesichteten *Dokumentationen* der Lehrpersonen, in denen sie als SINUS-Schulgruppe ihr Vorgehen darstellen, geben Einblicke in den Entwicklungsstand der Arbeit der Gruppe und zeigen, in welchem Umfang Programminhalte die unterrichtlichen Überlegungen beeinflussen. Ein ähnliches Ziel verfolgt die *Mathematik-Studie* für die Lehrkräfte, nämlich Mathematikaufgaben auf das in ihnen enthaltene Potenzial zur Kompetenzförderung zu analysieren. In einer *Videostudie* werden mehrmals Unterrichtsstunden videographiert und ausgewertet, um den professionellen Entwicklungsstand der Lehrkräfte festzustellen und Veränderungen der Unterrichtspraxis zu erkennen. Der *Ländervergleich Primarstufe Mathematik* und die *TIMS-Studie 2011* liefern Erkenntnisse über den Kompetenzstand der Lernenden aus SINUS-Schulen im Vergleich mit Lernenden aus nicht am Programm beteiligten Schulen. 2010 und 2012 werden für *Fallstudien* Unterlagen der Schulen analysiert, um festzustellen, wie stark der innovative Prozess auf den Normalbetrieb der Institution wirkt. Eine ausführliche Darstellung der Maßnahmen und Stichprobengrößen findet sich bei Fischer et al. (im Druck) und Kobarg et al. (2012).

Methoden, Instrumente

Die Gesamtbefragung wird mit einem online-Fragebogen mit unterschiedlichen Instrumenten für Lehrkräfte und Schulleitungen durchgeführt und liefert auf Selbstberichten beruhende Daten. Die jährlichen Zwischenberichte werden mit Hilfe eines strukturierten Formulars erstellt, das von der jeweiligen Landeskoordination ausgefüllt wird. Für das Dokumentieren können SINUS-Schulgruppen ein strukturiertes internetbasiertes Formular nutzen. In der Mathematik-Studie kommt ebenfalls ein strukturiertes Formular zum Einsatz. Für die Video-Studie werden Unterrichtsaufzeichnungen ausgewertet. Die beiden Schulleistungsvergleichsstudien erheben Informationen mittels standardisierter Paper-Pencil-Tests. Für die Fallstudien werden Unterlagen mithilfe von dokumentenanalytischen Methoden untersucht und Daten aus allen Einzelstudien auf der Ebene weniger ausgewählter Schulen zusammengeführt.

Erste Ergebnisse

Die bisher vorliegenden Befunde lassen Aussagen in vier Bereichen zu:

- *Rahmenbedingungen*: Ein innovatives Programm wie SINUS lässt sich besonders gut umsetzen und im System verankern, wenn die Beteiligung in der Schule abgestimmt und in ein Konzept wie z. B. ein Schulprogramm eingebunden ist. Die Unterstützung durch die Schulleitung und informierte Eltern sind günstig. Vorhandene Ressourcen, v. a. anregender inhaltlicher Input, Struktur, Koordination, alltagstaugliche und verständliche Beratung, Zeitkontingente für die Programmarbeit und evtl. finanzielle Mittel für die Ausstattung erweisen sich als ebenso wichtig wie eine auch über die einzelne Schule hinausgehende funktionierende Kooperation.
- *Veränderungsprozesse in der Schule*: Klare Inhalte und Ziele des Programms sollten die Arbeitsgrundlage darstellen. Eine kooperierende Schulgruppe (ca. vier Personen) trägt die Arbeit, beurteilt das Programm positiv und wendet das oben beschriebene zyklische Vorgehen an. Fachgruppen oder Fachkonferenzen werden in den Schulen gegründet oder belebt: Der SINUS-Ansatz wird auf andere Fächer übertragen (z. B. Deutsch).
- *Veränderungsprozesse im Unterricht* werden durch die fachliche und methodische Entwicklung der Lehrpersonen und ihrer Diagnosekompetenz gefördert. Die Fähigkeit, die

Arbeit im Licht der Ziele zu reflektieren und zu kooperieren, ist eine wichtige Gelingensbedingung. Alltagsnahe Neuerungen werden als wenig belastend erlebt, SINUS-erfahrene Lehrkräfte fühlen sich weniger belastet und führen dies auf eine funktionierende Zusammenarbeit zurück. Wenige Daten aus Vergleichsarbeiten (VERA) im Fach Mathematik zeigen, dass Lernende an SINUS-Schulen ebenso gut oder leicht besser abschneiden als Lernende an Schulen mit ähnlich zusammengesetzter Schülerpopulation („fairer Vergleich“).

- *Erste Ergebnisse und Wirkungen einer veränderten Qualität in der Schule* lassen sich als Gelingensbedingungen formulieren: Neues wird umso leichter in den Schulalltag überführt, wenn möglichst viele der oben genannten Merkmale zutreffen und diese besonders ausgeprägt sind. Attraktive Inhalte, eine transparente und belastbare Struktur, kompetente Beratung und Rückmeldung begünstigen die Überführung ins System. Langjährig berufs- und lebenserfahrene Lehrkräfte brauchen Anstöße und Zeit, damit sie ihre begründeten und erprobten Routinen überdenken, in Frage stellen und ändern können. Neben den motivierten, engagierten und befähigten Lehrpersonen muss versucht werden, alle Lehrkräfte zu erreichen und Zugänge für sie zu eröffnen.

Zusammenfassung und Ausblick

In den drei Wissensdomänen zeigen die Maßnahmen der Begleitforschung für die *Programmsteuerung*, dass das Programm, seine Inhalte und Struktur akzeptiert sind und eine gute Arbeitsgrundlage bilden. Für den *Prozess der Unterrichtsentwicklung* lässt sich sagen, dass die am Programm Beteiligten problemorientiert vorgehen, professionell kooperieren, sich am SINUS-typischen Entwicklungsverlauf orientieren und verstärkt reflektieren. Die *Wirkungen des Programms* auf den Unterricht, auf Lehrkräfte und Lernende zeigen sich in der Weiterentwicklung des Wissens und Könnens auf der Seite der Lehrpersonen. Lehrkräfte übernehmen Neuerungen in ihre Handlungsrountinen und passen Aufgaben zunehmend an die individuellen Voraussetzungen der Kinder an. Darüber hinaus gibt es erste Hinweise auf einen durch veränderten Unterricht bedingten Kompetenzzuwachs bei Kindern. Über das SINUS-Programm hinaus können Erkenntnisse für das (Weiter-)Lernen der Lehrkräfte für den Beruf genutzt werden oder für die inhaltliche, organisatorische und finanzielle Anlage innovativer Maßnahmen. SINUS-Programme zeigen auch mögliche Ansätze der Einführung, Verankerung und Verbreitung von Neuerungen *in einer Schule* und über die Einzelschule hinaus *in der Fläche*. Und schließlich sind die Erfahrungen geeignet, wenn Begleitforschungsdesigns für andere Unterrichtsentwicklungsprogramme konzipiert werden sollen.

Literatur

- Ball, D. L. & Cohen, D. K. (1999). Developing Practice, developing practitioners: Toward a practice-based theory of professional education. In G. Dykes & L. Darling-Hammond (Eds.), *Teaching as the learning profession: Handbook of policy and practice* (pp. 3-32). San Francisco: Jossey Bass
- Demuth, R., Walther, G. & Prenzel, M. (Hrsg.) (2011). *Unterricht entwickeln mit SINUS. 10 Module für den Mathematik- und Sachunterricht in der Grundschule*. Seelze: Klett Kallmeyer.
- Desimone, L. M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher*, 38 (3), 181-199
- Fischer, C., Kobarg, M., Dalehefte, I. M. & Trepke, F. (im Druck). Ein Unterrichtsprogramm wissenschaftlich begleiten – Anlage und Hintergründe des Forschungsdesigns. In *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, Heft 4/2012, 59
- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L. M., Birman, B. F. & Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American Educational Research Journal*, 38 (3), 915-945
- Kobarg, M., Fischer, C., Dalehefte, I.M., Trepke, F. & Menk, M. (Hrsg.) (2012). *Lehrerprofessionalisierung wissenschaftlich begleiten – Strategien und Methoden*. Münster u.a.O.: Waxmann
- Informationen zu SINUS an Grundschulen: www.sinus-an-grundschulen.de

Das Projekt IMST in Österreich

IMST – Innovationen Machen Schulen Top

IMST ist ein flexibles Unterstützungssystem. Ziel ist es, eine Innovationskultur zur Stärkung des MINDT-Unterrichts (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Deutsch, Technik) an österreichischen Schulen zu etablieren und strukturell zu verankern (Siehe u.a. Krainer, Hanfstingl & Zehetmeier, 2009; Benke, Kittner & Krainer, in Vorb.)

Genese

Das Abschneiden Österreichs bei TIMSS und PISA sowie die Ergebnisse weiterer Untersuchungen zum Ist-Stand des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts und der Lesefertigkeiten waren größtenteils enttäuschend. Dies schränkt die Position Österreichs als wichtigen Bildungs-, Kultur-, Wissenschafts-, Innovations- und Wirtschaftsstandort ein und verhindert günstige zukünftige Entwicklungen. Durch eine systematische und nachhaltige Stärkung der Innovationskultur (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Deutsch, Technik – MINDT) – insbesondere bezogen auf das fachbezogene Lehren und Lernen (Fachdidaktik) – kann dem entgegen gewirkt werden. Vor diesem Hintergrund wurde in Österreich – auf der Basis von vorangehenden Analysen – auf der Sekundarstufe II das Projekt IMST² (2000-2004) gestartet. Mit IMST³ (2004-2006) erfolgte eine Erweiterung auf die gesamte Sekundarstufe. Mit IMST³ Plus (2007-2009) kam die Primarstufe dazu wie auch das Fach Deutsch. Aus den bisherigen IMST-Projektphasen gingen unter anderem die Austrian Educational Competence Centres (sechs AECC an den Universitäten Klagenfurt und Wien) sowie bisher 19 Regionale Fachdidaktikzentren an Pädagogischen Hochschulen und Universitäten hervor.

a) *Analyseprojekt IMST (1998-1999) zur Analyse der TIMSS-Ergebnisse in der Sekundarstufe II.* Die Ergebnisse dieser Analyse beziehen sich auf das gesamte Bildungssystem: Verbesserungen könnten nur erreicht werden, wenn anspruchsvollere Fähigkeiten und die Selbstständigkeit der SchülerInnen gefördert werden. Damit einhergehen sollte eine professionelle Weiterentwicklung der LehrerInnen, vor allem durch Reflexion über die eigene Praxis und durch Vernetzung mit KollegInnen sowie mit Unterstützung von praxisinteressierten WissenschaftlerInnen. Eine Diskussion über Grundbildung und mathematisch-naturwissenschaftliche Schwerpunktbildungen an den Schulen sowie eine Stärkung der Fachdidaktik werden in der Analyse vorgeschlagen. Insgesamt müsste das „fragmentierte Bildungssystem“ in Richtung eines „lernenden Systems“ entwickelt werden (Siehe u.a. Krainer, Dörfler, Jungwirth, Kühnelt, Rauch & Stern, 2002)

b) *Entwicklungsprojekt IMST² (2000-2004) auf der Sekundarstufe II.* Es wurde begonnen, interessierte Lehrkräfte und Schulen in ihrem Bemühen um eine Weiterentwicklung der Qualität ihres Mathematik-, Naturwissenschafts- und Informatikunterrichts zu unterstützen (die Beteiligung von Schulen stieg von 34 auf 62 pro Jahr). Aufgrund mangelnder Expertise im Bereich der Fachdidaktik mussten zum Teil ausländische ExpertInnen in die Programnteams aufgenommen werden. Da gleichzeitig auch auf struktureller Ebene Impulse nötig waren, wurde der Bildungsbehörde ein Konzept für ein nachhaltiges Unterstützungssystem vorgelegt.

c) *Unterstützungssystem IMST³ (in zwei Phasen 2004-2006 und 2007-2009).* In diesem Zeitraum wurde IMST zunächst auf die gesamte Sekundarstufe und später auch auf die Primarstufe ausgeweitet und das Fach Deutsch hinzugenommen. Ein Katalog mit sieben

strukturellen Maßnahmen (M1-M7) wurde zum überwiegenden Teil umgesetzt. Zu M1 und M2 wurden Konzepte erarbeitet, lediglich zu M2 erfolgte eine - auf zwei Jahre beschränkte - Umsetzung im Rahmen eines Weiterbildungsprogramms für über 100 Lehrkräfte (siehe Krainer, Kühnelt, Peschek & Wintersteiner, 2007). Dieser umfasst:

- M1: Aufwertung der FachkoordinatorInnen an den Schulen
- M2: Aufwertung der ArbeitsgemeinschaftsleiterInnen bzw. weiterer MultiplikatorInnen
- M3: Einrichtung Regionaler Zentren für Fachdidaktik und Schulentwicklung
- M4: Einrichtung neuer bzw. Aufwertung bestehender Regionaler Netzwerke
- M5: Einrichtung von Österreichischen Kompetenzzentren für Fachdidaktik
- M6: Einrichtung eines Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
- M7: Einrichtung eines Instituts für Unterrichts- und Schulentwicklung

Projektphase 2010-2012

Die Förderstruktur von IMST ist in ein *Netzwerkprogramm* und sieben *Themenprogramme* gegliedert.

Im Netzwerkprogramm unterstützt IMST auf Basis von Ziel- und Entwicklungsvereinbarungen „Regionale Netzwerke“ (aufbauend auf Erfahrungen, beschrieben in Rauch & Kreis, 2007). Diese haben ihrerseits wiederum im Rahmen von Regionalentwicklungskonzepten die Möglichkeit, „Bezirksnetzwerke“, „Regionale Fachdidaktikzentren“, „Fachgruppen an Schulen“, „Netzwerke zwischen Schulen“ oder andere regionale bzw. lokale Initiativen zu fördern. Die Netzwerke stärken im Rahmen ihrer Aktivitäten Erfahrungsaustausch, Wissenstransfer und inhaltliche sowie strukturelle Weiterentwicklung im Bildungsbereich und verbreiten Erkenntnisse und Erfahrungen auf regionaler Ebene.

In den sechs Themenprogrammen können Lehrerinnen und Lehrer innovative Unterrichts- und Schulprojekte einreichen. Sie werden – im Falle einer positiven Entscheidung eines Kuratoriums auf der Basis von Gutachten – über ein Schuljahr hinweg von Programmteams (bestehend aus WissenschaftlerInnen an Pädagogischen Hochschulen und Universitäten sowie SchulpraktikerInnen) begleitet. Die Themenprogramme widmen sich aktuellen bildungspraktisch, -wissenschaftlich und -politisch relevanten Herausforderungen und werden von den ProgrammträgerInnen eingebracht. Die Themen sind sowohl pädagogischer als auch fachdidaktischer Natur, eine Verknüpfung der beiden Ebenen erfolgt in jedem Programm. Die Zusammenarbeit von WissenschaftlerInnen und Lehrkräften begünstigt die Verschränkung von Schulpraxis und LehrerInnenbildungsinstitutionen.

Folgende Themenprogramme, definiert in einem Ausschreibungsverfahren im Herbst 2009, wurden eingerichtet: „E-Learning und E-Teaching. Digitale Medien, Plattformen und Netzwerke für den Unterricht“; „Informatik kreativ unterrichten (Regionales Themenprogramm Kärnten)“; „Kompetent durch praktische Arbeit. Labor, Werkstätte & Co.“; „Kompetenzen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“; „Prüfungskultur. Leisten und Bewerten in der Schule“; „Schreiben und Lesen. Kompetenzorientiert, fächerübergreifend, differenziert.“ In allen Programmen spielen Evaluation sowie Gender Sensitivity und Gender Mainstreaming eine wichtige Rolle.

Bisher wurden im Projekt IMST (inkl. dem Vorgängerprogramm IMST-Fonds) bis zum Ende des Schuljahrs 20011/12 1091 innovative Unterrichtsprojekte und fachdidaktische Arbeiten durchgeführt und gefördert.

Nach der Ausschreibungsphase im Frühjahr 2012, in welcher die Förderstruktur mit einem Netzwerkprogramm und fünf Themenprogrammen (das Themenprogramm Prüfungskultur ist nun ein Querschnittsthema) erfolgte, ermittelte das Kuratorium für das aktuelle Schuljahr 2012/13 107 Projekte, die vom IMST-Team betreut und gefördert werden. Jährlich sind etwa 7.000 LehrerInnen im Projekt IMST involviert.

Projektphase 2013-2015

Klar im Fokus liegen die weitere Stärkung einer fachbezogenen Innovationskultur und deren nachhaltige Verankerung im Bildungssystem für die Qualitätsentwicklung des österreichischen Schulsystems. Ziel ist es auch, Bezüge zu anderen Bildungsinitiativen (Bildungsstandards, Neue Mittelschule, teilzentrale Reifeprüfung, Schulqualität Allgemeinbildung, Bundesschulaufsichtsgesetz etc.) inhaltlich wie auch durch Vernetzung beizutragen.

Koordination, Evaluation, Begleitforschung und Dissemination

IMST wird vom Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung (IUS) an der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt koordiniert. Dabei wird intensiv mit anderen Universitäten, Pädagogischen Hochschulen und anderen Bildungseinrichtungen kooperiert. Zentrale Prinzipien im Projekt sind die Förderung von Chancengerechtigkeit unter besonderer Berücksichtigung von Geschlechteraspekten (unter anderem durch das IMST Gender Netzwerk) und die Implementierung von Evaluation auf allen Ebenen.

Im Rahmen der Begleitforschung von IMST wird an verschiedenen Fragestellungen gearbeitet. So wird zum Beispiel erforscht, in welchem Zusammenhang die Motivation der Lehrkräfte mit der Unterrichtsgestaltung und der Motivation der SchülerInnen steht. Darüber hinaus wird etwa untersucht, ob (und wie) die Motivation von Lehrkräften durch Druck und Unterstützung von Schulleitungen und KollegInnen beeinflusst wird (s. Hanfstingl, Andreitz, Müller & Thomas, 2010; Müller, 2010; Müller, Hanfstingl & Andreitz, 2009.) Im Rahmen von IMST erfolgten auch mehrere Qualifikationsarbeiten (s. z.B. Zehetmeier, 2008).

Die in IMST gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse werden durch den IMST-Newsletter (Auflage: 23.000 Stück), das IMST-Wiki (über 1.000 Einträge) und die IMST-Tagung (bisher durchgeführt in Graz, Innsbruck, Klagenfurt, Linz, Salzburg und Wien) sowie den IMST-Award (zuletzt in Klagenfurt: 74 Einreichungen) verbreitet. Die Verbreitung von IMST an die Zielgruppe erfolgt unter anderem durch Flyer und Broschüren sowie durch die Beteiligung an Fachmessen und externen Veranstaltungen.

Literatur

- Benke, B., Kittner, A. & Krainer, K. (in.Vorb.). Facilitating stakeholders: Experiences from the Austrian IMST project. To be published in a special issue of *The Mathematics Enthusiast*
- Hanfstingl, B., Andreitz, I., Müller, F. H. & Thomas, A. (2010). Are Self-Regulation and Self-Control Mediators between Psychological Basic Needs and Intrinsic Teacher Motivation? *Journal for Educational Research Online*, 2 (2), 55-71
- Krainer, K., Dörfler, W., Jungwirth, H., Kühnelt, H., Rauch, F. & Stern, T. (Hrsg.) (2002). Lernen im Aufbruch: Mathematik und Naturwissenschaften. Pilotprojekt IMST. Band 1 der Reihe „Innovationen im Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht“. Innsbruck: Studienverlag
- Krainer, K., Hanfstingl, B. & Zehetmeier, S. (Hrsg.) (2009). Fragen zur Schule – Antworten aus Theorie und Praxis. Band 4 der Reihe „Innovationen im Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht“. Innsbruck: Studienverlag
- Krainer, K., Kühnelt, H., Peschek, W. & Wintersteiner, W. (2007). Fachbezogenes Bildungsmanagement und Standards. In P. Labudde (Hrsg.), *Bildungsstandards am Gymnasium: Korsett oder Katalysator?* Bern: h.e.p. Verlag, 181-190
- Müller, F. H. (2010). Die Bedeutung der Selbstbestimmung von Lehrpersonen für Unterricht und Lernen. Empirische Befunde aus dem Interventionsprojekt IMST. In J. Abel & G. Faust (Hrsg.), *Wirkt Lehrerbildung? Antworten aus der empirischen Forschung*. Münster: Waxmann, 91-103
- Müller, F. H., Hanfstingl, B. & Andreitz, I. (2009). Bedingungen und Auswirkungen selbstbestimmter Lehrermotivation. *Erziehung & Unterricht*, 159 (1/2), 142-152
- Rauch, F. & Kreis, I. (Hrsg.) (2007). Lernen durch fachbezogene Schulentwicklung. Schulen gestalten Innovationen in den Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik. Band 3 der Reihe „Innovationen im Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht“. Innsbruck: Studienverlag
- Zehetmeier, S. (2008). Zur Nachhaltigkeit von Lehrerfortbildung. Dissertation. Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

Swiss Science Education - Innovative Unterrichtsentwicklung an Schulen

SWiSE - Swiss Science Education/Naturwissenschaftliche Bildung Schweiz - ist eine gemeinsame Initiative zehn Deutschschweizer Bildungsinstitutionen: Die Pädagogischen Hochschulen PH Bern, PH FHNW, PH St. Gallen, PH Thurgau, PH Zentralschweiz und PH Zürich, weiter das Institut Unterstrass an der PH Zürich, das Swiss Science Center Technorama Winterthur und die Weiterbildungsstellen PZ.BS Basel-Stadt und FEBL Basel-Landschaft. SWiSE hat zum Ziel, das Interesse an Naturwissenschaften und Technik bei 4 – 16-Jährigen zu entwickeln, altersgemäße Zugänge zu erschließen und das selbstständige, forschend-entdeckende Lernen zu fördern. Das Projekt setzt mit seinem Angebot an Weiterbildungen und Schul- und Unterrichtsentwicklungen auf der Ebene der Lehrpersonen und Schulen von Kindergarten bis Sekundarstufe I an. Diese werden dabei unterstützt, den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht zu reflektieren und qualitativ weiterzuentwickeln, Wege zu einem kompetenzorientierten Unterricht zu beschreiben, den Erfahrungsaustausch mit anderen Schulen zu pflegen und Netzwerke aufzubauen.

Angebote von SWiSE:

- Innovationstag naturwissenschaftlich-technischer Unterricht
- Weiterbildungsmodule und Holangebote für Schulen (schulinterne Weiterbildungen)
- Unterrichts- und Schulentwicklungsprojekt SWiSE-Schulen

Innovationstag naturwissenschaftlich-technischer Unterricht

Zum Programm von SWiSE gehört seit 2010 der jährlich stattfindende Innovationstag naturwissenschaftlich-technischer Unterricht. Die Mischung aus Vorträgen, Marktständen, Workshops und Begegnungen mit Kolleginnen und Kollegen aus verschiedenen Regionen der Schweiz hat zum Ziel, Mut und Experimentierkultur im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht zu fördern und die Auswahl an aktuellen Lehr- und Lernmaterialien, Instrumenten, außerschulischen Lernorten und Weiterbildungen aufzuzeigen. Lehrpersonen haben die Gelegenheit, in Ateliers „aus der Praxis für die Praxis“ vor Ort konkrete Unterrichtssequenzen selbst auszuprobieren und zu erleben. Verschiedene Vorträge geben fachdidaktische Impulse zu aktuellen ökologischen, technischen und naturwissenschaftlichen Themen.

Weiterbildungsmodule

SWiSE bietet Weiterbildungsmodule zu den Bereichen Forschen und Experimentieren, Außerschulische Lernorte, Aufgabenkultur/Lernumgebungen, Technik und Handeln für die Zukunft an. Basierend auf gemeinsamen konzeptuellen Grundlagen werden von den beteiligten Institutionen Weiterbildungsmodule für alle Schulstufen entwickelt und durchgeführt (4 – 8-Jährige, Primarstufe, Sekundarstufe I). Ein enger Bezug zur Schulpraxis sowie die Weiterentwicklung des eigenen Unterrichts stehen im Zentrum. Die an den Kurstagen erarbeiteten Unterrichtsideen, -einheiten oder -materialien sollen im eigenen Unterricht umgesetzt und die damit gemachten Erfahrungen am folgenden Kurstag ausgetauscht werden. Jeder Kurs umfasst insgesamt 15 Stunden. Zwischen den einzelnen Kurstagen und Kursblöcken liegen mehrere Wochen. Zeit, um das Erarbeitete im täglichen Unterricht auszuprobieren und zu reflektieren. Die Teilnehmenden erhalten damit die Chance, konkrete naturwissenschaftliche, technische sowie fachdidaktische Anregungen und

Ideen direkt umzusetzen, sich mit anderen auszutauschen und somit Unterricht und Schule weiterzuentwickeln.

Unterrichts- und Schulentwicklung an SWiSE-Schulen

Das Unterrichts- und Schulentwicklungsprojekt SWiSE-Schulen unterstützt Kindergärten und Volksschulen und deren Lehrpersonen dabei, ihren individuellen Bedürfnissen entsprechende Weiterentwicklungen mit dem Schwerpunkt Naturwissenschaft und Technik zu realisieren. Die 61 beteiligten Schulen, davon 20 Kindergärten/Primarschulen, 38 Sekundarschulen und 3 Gesamtschulen, verteilen sich auf die sechs Regionen Basel, Bern, Ostschweiz, Solothurn/Aargau, Zentralschweiz und Zürich. In den drei Schuljahren 2012 bis 2015 verpflichten sich pro Schule zwei so genannte SWiSE-Lehrpersonen zu einem besonderen Engagement in der naturwissenschaftlich-technischen Bildung an ihrer Schule und erhalten dafür eine Unterrichtsentlastung aus kantonalen Mitteln und Beiträgen der Stiftung Mercator Schweiz, der AVINA-Stiftung und der Ernst Göhner Stiftung. Zu Projektbeginn machen die SWiSE-Lehrpersonen Standortbestimmungen bezüglich ihres eigenen Unterrichts und der gesamten Schule im Bereich der naturwissenschaftlich-technische Bildung. Zusammen mit ihrer Schulleitung definieren sie individuelle und gesamtschulische, kurz- und langfristige Ziele in den Bereichen selbständig, forschend-entdeckendes Lernen, Kompetenzorientierung und Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE). Während der Projektdauer besuchen die SWiSE-Lehrpersonen ihren Bedürfnissen entsprechende Weiterbildungsmodule und nehmen an Praxistreffen und anderen SWiSE-Veranstaltungen teil. Sie tragen so wesentlich zur Schul- und Unterrichtsentwicklung in ihrer Schule bei und setzen wichtige und nachhaltige Impulse für einen qualitativ guten Unterricht auf allen Stufen.

Die SWiSE-Schulleitungen und -Lehrpersonen werden bei Ihrer Arbeit von Fachpersonen aus der Naturwissenschaftsdidaktik, Schulentwicklung und Bildungspolitik begleitet und unterstützt. Zudem vernetzen sie sich mit Weiterbildungsinstitutionen und außerschulischen Lernorten sowie anderen Schulen und Lehrpersonen aller Schulstufen und Regionen der Deutschschweiz. Gemeinsam gehen sie die Herausforderungen des täglichen Unterrichtens und der bildungspolitischen Veränderungen an, welche das Schweizer Bildungssystem in diesen Jahren stark aufrüttelt (siehe www.edk.ch/dyn/11659.php). Sie tasten sich gemeinsam an die Inhalte und Anforderungen des neuen Deutschschweizer Lehrplans (Lehrplan 21) heran und werten erste Erfahrungen mit kompetenzorientiertem Unterrichten und Beurteilen aus. Die involvierten Fachpersonen und Weiterbildungsverantwortlichen aus der Naturwissenschaftsdidaktik gewährleisten dabei die Nähe zu fachdidaktischen Trends und Forschungsstand, die Vertretungen aus den kantonalen Bildungsdirektionen (Kultusministerien) bringen die aktuellen bildungspolitischen Ansprüche ein. Diese wiederum erhalten wichtige Einblicke und Rückmeldungen aus der Schulpraxis, durch welche sie ihre Arbeit bedürfnisorientierter gestalten können. Neben Weiterbildungs-, Beratungs- und Praxistreffen findet dieser Dialog auf virtuellen Vernetzungsplattformen statt, auf welchen auch Unterrichtsmaterialien und weitere Dokumente ausgetauscht werden können.

Die SWiSE-Schulen bilden Kristallisationskeime, von deren Ideen und Erfahrungen andere Lehrpersonen und Schulen profitieren können. Erkenntnisse, Projekte und Unterrichtsmaterialien werden an Innovationstagen und Praxistreffen, in Weiterbildungen, an Tagen der Offenen Tür und in Publikationen zugänglich gemacht.

Weiter Informationen finden Sie unter www.swise.ch.

PROFILES I: Von der Theorie zur Praxis

PROFILES ist das Akronym für “**Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science**” und der Titel eines der im 7. Förderprogramm der EU geförderten Projekte, die sich um die Verbesserung der Praxis naturwissenschaftlicher Bildung bemühen. Da sich eine direkte Übersetzung des PROFILES Akronyms ins Deutsche nicht sonderlich gut anbietet, verwenden die PROFILES Partner aus dem deutschsprachigen Raum den Slogan: **Bildung durch Naturwissenschaften**. Im PROFILES Konsortium sind 21 Institutionen aus 20 verschiedenen Ländern der Europäischen Gemeinschaft und aus Ländern der sog. EU-assoziierten Nationen vertreten. Das Projekt hat eine Laufzeit von vier Jahren. Am 1. Dezember 2010 ist der Startschuss für das PROFILES Projekt in Berlin gefallen (Bolte et al. 2012). Im September 2012 konnte im Rahmen der 1. Internationalen PROFILES Konferenz eine erste Zwischenbilanz gezogen werden (Bolte, Holbrook und Rauch, 2012).

Zur GDCP-Jahrestagung 2012 in Hannover haben sich PROFILES Konsortium Partner von der Fachhochschule der Nordwestschweiz, der University of Eastern Finland, der Universität Bremen und der Freien Universität Berlin verabredet, um insgesamt acht ausgewählte Projektarbeiten - verteilt auf zwei Symposien - zur Diskussion zu stellen.

Im ersten Symposium „**PROFILES: Von der Theorie zur Praxis**“ stellen die Autoren fachdidaktische und berufswissenschaftliche Eckpfeiler des PROFILES Projekts vor. Dabei geht es zum einen um den Rahmen des PROFILES Projekts und dessen Arbeitsschwerpunkte (die sog. Work Packages; siehe Beitrag von Claus Bolte und Sabine Streller, in diesem Tagungsband) sowie um die Reflektion der Begriffe „Inquiry, Inquiry based Learning und Inquiry based Education“ (siehe Beitrag von Peter Labudde, in diesem Tagungsband). Zum anderen werden erste empirische Befunde aus wissenschaftlichen Begleitforschungen thematisiert, wobei – selbstverständlich auch – ausgewählte theoriebasierte Anleihen der mit dem PROFILES Projekt verbundenen Studien offengelegt werden. In diesem Zusammenhang berichten Bolte, Albertus und Bertels darüber, welche Motive Jugendliche dazu bewegen, (k)eine Berufsausbildung im Bereich Naturwissenschaft/Technik zu ergreifen, und mit welchen Befragungsinstrumenten diese Fragestellung einer Antwort näher gebracht werden kann (siehe Bolte, Albertus und Bertels, 2013, in diesem Band). Anschließend widmen sich Theresa Schulte und Claus Bolte (2013, in diesem Band) der Frage, welche Vorstellungen ausgewählte “Experten aus den Bereichen naturwissenschaftsbezogener Bildungspraxis“ mit dem Terminus einer „wünschenswerten und zweitemgemäßen naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung“ verbinden. Im Zuge dessen stellen die Autoren erste Ergebnisse aus der international angelegten “Curricularen Delphi Studie Naturwissenschaftliche Bildung“ vor.

Das zweite Symposium steht unter dem Motto: „**PROFILES: Beispiele aus der Projektpraxis**“. Schwerpunktmäßig geht es in diesem Themenblock um die Vorstellung ausgewählter Praxisbeispiele, um die Entwicklung von sog. PROFILES Materialien und Modulen sowie um die Konzeption langfristig ausgerichteter Aus- und Fortbildungsprogramme für (angehende) Lehrer/-innen (siehe Beitrag von Stuckey et al., 2013 sowie Beitrag von Streller 2013, in diesem Band). Der andere Schwerpunkt des 2. Themenblocks ist der wissenschaftlichen Begleitung der im Projekt unternommenen Maßnahmen zur Implementierung von PROFILES typischen Aus- und –Fortbildungsprogrammen gewidmet

(siehe Beitrag von Schneider & Bolte, 2013, in diesem Band). Abschließend berichten Claus Bolte, Tuula Keinonen, Thomas Mühlenhoff und Kari Sormunen über ihre Erfahrungen und über Ergebnisse beim Einsatz des sog. MoLe-Instruments in finnischen und deutschen (PROFILES) Schulklassen (2013, in diesem Band).

Weitere Informationen zum PROFILES Projekt sind auf der PROFILES Homepage unter: www.profiles-project.eu zu finden.

Literatur

- Bolte, C., S. Streller, M. Rannikmae, J. Holbrook, A. Hofstein, R. Mamlok Naaman, F. Rauch (2012). PROFILES Projekt erfolgreich gestartet. In S. Bernholt (Hg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven*. Münster: Lit-Verlag, 589-591
- Bolte, C., Holbrook, J., & Rauch, F. (Hrsg.) (2012). *Inquiry-based Science Education in Europe: First Examples and Reflections from the PROFILES Project*. University of Klagenfurt (Austria)

PROFILES: Education through Science – Bildung durch Naturwissenschaften

In unserem einleitenden Beitrag werden wir zentrale Aspekte und die Arbeitsschwerpunkte des PROFILES Projekts vorstellen. Dabei werden wir auch auf die Projekt Philosophie, den „Education through Science“-Ansatz, zu sprechen kommen. „Education through Science“ ist unseres Erachtens bestmöglich als „Bildung durch Naturwissenschaften“ zu übersetzen. Dieser Slogan impliziert eine Nähe zur Bildungstheorie von Klafki und schlägt eine Brücke zur Theorie bildungsgangdidaktischer Forschung. Was diese bildungstheoretische und allgemein-didaktische Orientierung für die Ausgestaltung des Projekts bedeutet und wie die Projektpartner diesem Anspruch versuchen gerecht zu werden, soll in unserem Eingangsreferat erörtert und diskutiert werden.

Das PROFILES Projekt im Überblick

Die Arbeit der PROFILES Projektinitiative ist in acht Bereiche, sogenannte „*Work Packages*“ (Kurz: *WP*), gegliedert (PROFILES, 2010). Neben dem *Projektmanagement* (*WP1*) und umfassenden Unterstützungsangeboten (*WP2: Cooperation & Support*) liegen die Arbeitsschwerpunkte des Projekts in der Vernetzung von Personen in „Schlüsselpositionen“ – sog. „Stakeholder“ – und in deren Meinungsaustausch über wünschenswerten und zeitgemäßen naturwissenschaftlichen Unterricht (*WP3: Stakeholders Involvement*). Auf diesen Gedankenaustausch aufbauend werden Materialien und Module entwickelt (*WP 4: Learning Environments*), die sowohl im Unterricht genutzt als auch im Rahmen innovativer – langfristig ausgerichtete – Lehrer/-innen-Aus- und Fortbildungsprogramme eingesetzt werden (*WP 5: Teacher Training/Teachers Continuous Professional Development; kurz: CPD*). Die Aus- und Fortbildungsveranstaltungen sollen dazu beitragen, dass die teilnehmenden Lehrer/-innen zur Überzeugung gelangen, dass es sich lohnt, sich für guten naturwissenschaftlichen Unterricht aktiv einzusetzen (*WP 6: Teacher Ownership*). Die Effekte des PROFILES Programms werden sowohl durch Fallstudien als auch durch Aktionsforschung, die von den am PROFILES Projekt beteiligten Lehrer/-innen selbst durchgeführt wird, wissenschaftlich untersucht (Fall- und Aktionsforschungsstudien sind Teil von *WP 6: Teacher Ownership*). Darüber hinaus wird evaluiert, in welchem Maße Schüler/-innen, die an PROFILES orientiertem Unterricht teilnehmen, von dieser Art Unterricht profitieren (*WP7: Student Gains*). Rahmen und Plattform für das PROFILES-Arbeitsprogramm bildet das auf lokale, regionale, nationale und internationale Kooperation ausgerichtete PROFILES Netzwerk, das Informationsaustausch und Zusammenarbeit – auch über die unmittelbar am Projekt Beteiligten hinaus – sicherstellt (*WP8: Dissemination & Network*). Dieser Arbeitsbereich wird durch die *PROFILES Homepage*, die *PROFILES Newsletter*, das *PROFILES Netzwerk* und durch *die beiden Internationalen PROFILES Tagungen* (s.u.) getragen.

Education through Science – Bildung durch Naturwissenschaften

Im Zentrum des PROFILES Ansatzes steht die Unterrichtsphilosophie einer „*Education through Science*“, was – wie oben angedeutet – mit: „Bildung durch Naturwissenschaften“ übersetzt werden kann. Ausgangspunkt der PROFILES Unterrichtsphilosophie sind die Schülerinnen und Schüler und deren naturwissenschaftsbezogenes, forschend ausgerichtetes Lernen; denn folgt man der konstruktivistischen Auffassung vom Lernen, so ist Lernen als ein Prozess zu verstehen, in dem Lernende das Zu-Erlernende aktiv in bereits vorhandenes Wissen integrieren. Lernen im konstruktivistischen Sinne setzt also die Bereitschaft, die Motivation, zum Lernen auf Seiten der Lernenden voraus. Lernangebote sind demzufolge

vor allem dann erfolgreich, effektiv und nachhaltig, wenn es den Lernenden leicht fällt (bzw. im Unterricht leicht gemacht wird), neu Zu-Erlernendes mit bereits vorhandenem Wissen zu verknüpfen, und wenn Schülerinnen und Schüler einsichtig wird, dass das Erlernete für sie sinnstiftend und relevant ist.

Um den Schüler/-innen ein möglichst attraktives Lern- und Bildungsangebot unterbreiten zu können, orientiert sich die PROFILES Arbeitsgruppe der Freien Universität Berlin (FUB) im Rahmen ihrer Entwicklungsarbeiten an Empfehlungen und Erkenntnissen „bildungsgangdidaktischer Forschung“ (Meyer & Reinartz, 1998; Meyer, 1998; Schenk, 2001). Bildungsgangdidaktik kann als „Theorie und Praxis des Lehrens und Lernens unter Fokussierung auf die Frage, wie der Bildungsgang der Schüler in der Institution Schule von ihnen selbst gestaltet werden kann“ (Meyer, 1999, S. 5) charakterisiert werden. Bildungsgangdidaktik erkennt „die nachwachsende Generation in ihrem Eigenrecht an“ (Meyer, 1999, S. 5) und räumt „dem subjektiven Bildungsgang der Schülerinnen und Schüler einen systematischen Rang in der didaktischen Theoriebildung ein [...], [um] reale Lehr-Lernprozesse angemessen beschreiben, rekonstruieren, bewerten und am Ende auch planen“ zu können (Hericks, 1998, S. 176). Dabei versuchen die Vertreter bildungsgangdidaktischer Forschung „die relativ stabilen und verbindlichen kognitiven Strukturen zu rekonstruieren, die als Kompetenz dem vorgefundenen Verhalten eines Schülers, seinen Äußerungen, Einstellungen und Kenntnissen zugrunde liegen und die sich nur langfristig ändern“ (Hericks, 1998, S. 178; vgl. auch Blankertz, 1986), nicht zuletzt, um der nachwachsenden Generation „Spielräume für die Selbsterprobung in alternativen Weisen des Umgangs mit Realität zu ermöglichen“ (Meyer, 1999, S. 5). Wollte man den „Education through Science“-Ansatz in einem prägnanten und markanten Satz zusammenfassen wollen, so würden wir dies so ausdrücken: PROFILES Unterricht trägt dem professionellen Habitus Rechnung, *nicht Fächer, sondern* in erster Linie *Schülerinnen und Schüler zu unterrichten!* Bildungsinteressen von Schülerinnen und Schülern haben im PROFILES Unterricht Vorrang gegenüber den fachpropädeutischen Ansprüchen und Forderungen, wie sie gern von Fachvertretern und durchaus auch von Mitgliedern von Lehrplan-Kommissionen vertreten werden.

Doch wie erreicht man bestmöglich die Schülerinnen und Schüler in einem Unterricht der stets auch im Kontext der jeweils landesspezifischen Rahmenpläne zu verorten ist? Die Vertreter Bildungsgangdidaktischer Unterrichtsansätze würden auf diese Frage antworten, indem man sich bei der Planung des Unterrichts verdeutlicht, was aus der Perspektive der Jugendlichen betrachtet, eine für sie relevante und persönlich bedeutsame Aufgabenstellung darstellen könnte. Doch damit ist die nächste Frage provoziert; nämlich: Was ist denn für Jugendliche im Kontext der Naturwissenschaften eigentlich und tatsächlich relevant bzw. persönlich bedeutsam? Eine erste – zunächst vielleicht trivial anmutende – Antwort auf diese Frage könnte wie folgt lauten: Persönlich bedeutsam sind Herausforderungen und Aufgaben mit denen sich die Heranwachsenden – sei es bewusst oder unbewusst - in ihren jeweiligen biografischen Lebensabschnitten konfrontiert sehen. Herausforderungen und Aufgaben dieser Art wurden erstmals von Havighurst (1972) in die pädagogische und didaktische Diskussion unter dem Begriff „Entwicklungsaufgaben“ eingeführt. Dreher und Dreher (1985) haben diesen Ansatz im Kontext des deutschen Sprachraums aus allgemeiner und entwicklungspsychologischer Perspektive näher untersucht. Schenk (2002) sowie Hericks und Spörlein (2001) haben darauf aufbauend hermeneutisch die Frage zu beantworten versucht, inwiefern naturwissenschaftlicher Unterricht Jugendliche in der Bearbeitung ihrer Entwicklungsaufgaben unterstützen kann und welche Entwicklungsaufgaben überhaupt im und durch naturwissenschaftlichen Unterricht angenommen werden könnten. Bolte, Albertus und Bertels (2013, in diesem Band) haben den Versuch unternommen, persönlich bedeutsamen Themen und Aufgaben mit Hilfe empirisch-statistischer Methoden näher zu kommen. Die Berücksichtigung der Schüler/-innen als eine (von vier) Expertengruppen im Rahmen der Curricularen Delphi Studie „Naturwissenschaftliche Bildung“ trägt diesem

Anliegen Rechnung (siehe Schulte und Bolte in diese Band). Auch die Entwicklung und Erprobung eines Fragebogens zur Analyse naturwissenschaftsbezogener Entwicklungsaufgaben sowie dessen Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I ist dem Ansatz der Entwicklungsaufgaben geschuldet; erste Ergebnisse haben Bolte, Albertus und Bertels bereits zusammengetragen (siehe Bolte, Albertus & Bertels, 2013, in diesem Band).

Leitideen eines an PROFILES orientierten Unterrichts

Den hier dargelegten Grundsätzen folgend ist **PROFILES Unterricht** an bestimmten Kriterien des Lehrens und Lernens naturwissenschaftsbezogener Sachverhalte zu erkennen. PROFILES Unterricht ...

- ist an den Neigungen und Bedürfnissen der *Schülerinnen und Schüler orientiert*,
- gründet sich auf dem „*Inquiry Based Science Education* (kurz: *IBSE*) *Ansatz*“ und stellt „*forschendes Lernen*“ in den Mittelpunkt des Unterrichtsgeschehens,
- greift *Themen der Lebenswelt* auf,
- vertieft altersgemäß *zentrale Konzepte der Naturwissenschaften*,
- *überschreitet* thematisch die *Fächergrenzen*,
- berücksichtigt *Kompetenzbereiche*, die in den *Nationalen Bildungsstandards* festgelegt sind, in ausgewogener Weise,
- leitet Schülerinnen und Schüler zu *reflektierter und sachgerechter Urteilsbildung* an,
- zielt auf *intrinsisch motiviertes Lernen* über den Unterricht hinaus ab.

Wenn es im und durch PROFILES Unterricht also gelingt, Schüler/-innen Zugang zu naturwissenschaftsbezogenen Lernumgebungen zu eröffnen, in denen sie intrinsisch motiviert lernen, dann kann davon gesprochen werden, dass sich diese Schülerinnen und Schüler durch und in ihrer Beschäftigung mit Naturwissenschaften bilden (PROFILES, 2010).

Literatur:

- Blankertz, H. (Hrsg.) (1986). Lernen und Kompetenzentwicklung in der Sekundarstufe II. Teil 1: Abschlußbericht der wissenschaftlichen Begleitung Kollegstufe NW. Landesinstitut für Schule und Weiterbildung, Soester Verlagskontor
- Dreher, E. & Dreher, M. (1985) Wahrnehmung und Bewältigung von Entwicklungsaufgaben im Jugendalter. In R. Oerter (Hrsg.), *Entwicklung im Jugendalter*. Weinheim: edition psychologie
- Havighurst, R.J. (1972). *Developmental Tasks and Education*. New York: D. MacKay Company
- Hericks, U. (1998). Der Ansatz der Bildungsgangforschung und seine didaktischen Konsequenzen – Darlegungen zum Stand der Forschung. In M. Meyer & A. Reinartz (hrsg.) (1998), *Bildungsgangdidaktik: Denkanstöße für pädagogische Forschung und schulische Praxis*. Leske und Budrich, 173-188
- Hericks, U. & Spoerlein, E. (2001). Entwicklungsaufgaben in Fachunterricht und Lehrerbildung – Eine Auseinandersetzung mit einem Zentralbegriff der Bildungsgangdidaktik. In U. Hericks, J. Keuffer, H. Ch. Kräft & I. Kunze (2001), *Bildungsgangdidaktik: Perspektiven für Fachunterricht und Lehrerbildung*. Opladen: Leske und Budrich, 33-50
- Klafki, W. (1985). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Beiträge zur kritisch-konstruktiven Didaktik*. Weinheim, Basel: Beltz
- Klafki, W. (1994). Grundzüge eines neuen Allgemeinbildungskonzepts. In W. Klafki: *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*. 4. erw. Auflage. Weinheim: Beltz
- Meyer, M.A. (1998). Lehrer, Schüler und die Bildungsgangforschung. In M. Meyer & A. Reinartz (Hrsg.) (1998), *Bildungsgangdidaktik. Denkanstöße für pädagogische Forschung und schulische Praxis*. Leske und Budrich, 70-90
- PROFILES (2010). www.profiles-project.eu
- Schenk, B. (2001). Perspektiven für Bildungsgangdidaktik und Bildungsgangforschung. In U. Hericks, J. Keuffer, H. Ch. Kräft & I. Kunze (2001), *Bildungsgangdidaktik: Perspektiven für Fachunterricht und Lehrerbildung*. Opladen: Leske und Budrich, 263-268
- Schenk, B. (2002). Bildung in naturwissenschaftlichen Fächern – keine Entwicklungsaufgabe? In J. Asdonk, H. Kroeger, G. Strobl, K.-J. Tillmann & J. Wildt (Hrsg.) (2002), *Bildung im Medium der Wissenschaft: Zugänge aus Wissenschaftspropädeutik, Schulreform und Hochschuldidaktik*. Reihe: Blickpunkt, Hochschuldidaktik, Bd. 109. Weinheim, Basel: Beltz, 43-50
- Schenk, B. (Hrsg.) (2005). *Bausteine einer Bildungsgangdidaktik*. Wiesbaden: VS Verlag

Inquiry-Based Learning: Versuch einer Einordnung zwischen Bildungsstandards, Forschungsfeldern und PROFILES

Was wird unter Inquiry-Based Learning (IBL) verstanden? Wie weit taucht IBL in den Bildungsstandards des deutschen Sprachraums auf? Welche Forschungsdesiderata bestehen hinsichtlich IBL und welche von ihnen nimmt PROFILES auf?

Inquiry-Based Learning (IBL): Versuch einer Definition

Im angelsächsischen Raum widmen sich seit Jahren bzw. Jahrzehnten unzählige Publikationen dem IBL bzw. der Inquiry-Based Science Education. Als ein wichtiger Referenzpunkt gelten die US-Standards des National Research Council (NRC, 1996): „[Scientific inquiry as] the diverse ways in which scientists study the natural world and propose explanations based on the evidence derived from their work. [...] Scientific inquiry also refers to the activities through which students develop knowledge and understanding of scientific ideas, as well as an understanding of how scientists study the natural world.“

15 Jahre später formuliert der NRC (2011, S. 33) vorsichtiger: „Because the term ‘inquiry’ [...] has been interpreted over time in many different ways throughout the science education community, part of our intent [...] is to better specify what is meant by inquiry in science and the range of cognitive, social, and physical practices that it requires. As in all inquiry-based approaches to science teaching, our expectation is that students will themselves engage in the practices and not merely learn about them secondhand.“

In einem vielbeachteten, von einem internationalen Autorenteam verfassten Übersichtsartikel (Abd-el-Khalik et al., 2004) wird zwischen zwei Formen von Inquiry unterschieden: 1) „Inquiry *in* science refers to inquiry as an instructional approach intended to help students develop understandings of science content.“ 2) „Inquiry *about* science refers to inquiry as an instructional outcome: Students learn to do inquiry in the context of science content and develop epistemological understandings about Nature of Science and the development of scientific knowledge, as well as relevant inquiry skills.“

Um Lehrpersonen die Idee des IBL näher zu bringen, wurde und wird immer wieder versucht, IBL in knappen Sätzen zu beschreiben und „Faustregeln“ zu entwickeln. Im angelsächsischen Raum gehört das 5E-Modell von Bybee (1997) zu den bekanntesten diesbezüglichen Ansätzen: Engage – Explore – Explain – Elaborate – Evaluate.

In den zahlreichen EU-Projekten zu IBL, wie z.B. FIBONACCI, INQUIRE, PARSEL, PROFILE, SAILS oder S-TEAM, werden unterschiedliche Definitionen verwendet. So hält Gray (2012), Mitarbeiter in S-TEAM, fest: „Inquiry cannot be reduced to single method, it is not only constructivism, hands-on-science or problem-based learning. Rather, inquiry is a philosophy of education, which values and enhances the ability, curiosity and critical thinking of individuals within social and scientific contexts.“

Im deutschen Sprachraum weisen mehrere Unterrichtskonzepte, die z.T. nur schwer voneinander zu unterscheiden sind, Ansätze von IBL auf, so unter anderem forschend-entdeckender Unterricht, entdeckender Unterricht, offener Unterricht, problemorientierter Unterricht und Projektunterricht. Höttecke (2010) sieht im Begriff forschend-entdeckender Unterricht die größten Parallelen zum IBL. Er charakterisiert dieses „Unterrichtsverfahren“ folgendermaßen: „Die Lernenden gehen von (selbst) gestellten naturwissenschaftlichen Fragen oder Problemen aus. Sie explorieren Probleme oder Phänomenbereiche, entwickeln und planen auf dieser Basis eigene Untersuchungen, führen Beobachtungen und Experimente durch, stellen Messergebnisse sachgerecht dar, analysieren und diskutieren sie und

erschließen weitere Informationsquellen. Sie erklären Phänomene und lösen Probleme im Lichte bereits bekannten Wissens und selbst generierter Evidenz. Sie treffen begründete Vorhersagen und kommunizieren über ihre oft unterschiedlichen Vorgehensweisen und Resultate. Sie generieren und präzisieren neue Fragen oder Probleme, die weiteres forschend-entdeckendes Lernen motivieren.“

Den hier aufgeführten Beispielen von IBL-Definitionen ließe sich eine Unzahl weiterer hinzufügen. Alle Definitionen weisen eine gewisse Schnittmenge auf, zu welcher Begriffe wie Explorieren von Problemen, Selbstständigkeit, wissenschaftliches Arbeiten, Erkenntnisgewinnung und Natur der Naturwissenschaften gehören. Trotz der Schnittmenge: Der Begriff IBL bleibt schwer fassbar; er wird inflationär verwendet; Differenzierungen von IBL, z.B. graduelle Abstufungen bezüglich Offenheit des Experimentierens oder Selbstständigkeit der Lernenden, werden kaum vorgenommen.

IBL in deutschen, österreichischen und Schweizer Bildungsstandards

In den letzten zehn Jahren wurden im deutschsprachigen Raum Bildungsstandards entwickelt und politisch verabschiedet. Wie weit enthalten sie Elemente des IBL?

Deutschland: In den „Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss“ (KMK, 2004a, S. 11) heisst es für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung: „Die Schülerinnen und Schüler [...] stellen an einfachen Beispielen Hypothesen auf (Erkenntnisgewinnung E 6) / führen einfache Experimente nach Anleitung durch und werten sie aus (E 7) / planen einfache Experimente, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse (E 8) / werten gewonnene Daten aus [...] (E 9).“ Ähnlich lautet es für Chemie (KMK, 2004b, S. 11): „Die Schülerinnen und Schüler erkennen und entwickeln Fragestellungen [...] (E 1) / planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen (E 2) / führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese (E 3).“

Österreich: In den österreichischen Physikstandards (2012) wird im Kompetenzbereich „Fragen, untersuchen, interpretieren“ festgehalten: „Ich kann [...] zu Vorgängen und Erscheinungen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen / zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren / Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren, interpretieren, erklären und kommunizieren [...].“

Schweiz: Aus den Schweizer „Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften“ ließe sich fast identisch zitieren wie aus den Standards der beiden Nachbarländer (EDK, 2011, S. 33). Hinzu kommen allerdings weiterreichende Vorgaben, wenn es da heißt (ibid. 14-16): „Originale, authentische Begegnungen und Erfahrungen spielen im Unterricht eine zentrale Rolle [...]: die aktiv-entdeckende, konstruktive, ‚forschende‘ Begegnung und Auseinandersetzung [...], der Aufbau und die Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten beim Experimentieren und Erkunden. [...] Aktiv-entdeckende, erkundende und dialogische Lerngelegenheiten: Fragen, Phänomenen und Situationen fragend-entdeckend (‚forschend‘) nachgehen / Situationen in natürlichen Lebensräumen oder technischen Umgebungen begegnen und erkunden / Perspektiven entwickeln; Umsetzungsmöglichkeiten entwerfen; Gestalten, Partizipieren und Mitwirken [...]“ (Labudde & Adamina, 2008, 2012).

Gemeinsam ist allen drei Ländern, dass der „Erkenntnisgewinnung“ (D) bzw. dem „Fragen und untersuchen“ (CH) ein hoher Stellenwert beigemessen wird und dass die Kompetenzbeschreibungen sehr ähnlich lauten, z.B. Fragen entwickeln, Hypothesen aufstellen, ein Experiment planen, durchführen und protokollieren. Hingegen wird in Deutschland und Österreich – im Gegensatz zur Schweiz – kein weiterer expliziter Bezug zu IBL bzw. zum forschend-entdeckenden Lernen hergestellt. Begriffe wie „forschend“, „aktiv-entdeckend“ oder „Perspektiven entwickeln“ tauchen dort nicht auf. Daher stufen wir im Gegensatz zu Bell (2007) die deutschen Standards als wenig IBL-orientiert ein.

IBL-Forschungsfelder und PROFILES

Die folgenden Forschungsfelder entstammen zu einem Teil explizit den vorhergehenden Analysen, zu einem anderen Teil nur implizit, d.h. aus Platzgründen fehlen Begründungen. In folgenden Feldern bestehen Forschungsdesiderata:

Lehr-Lern-Forschung

1. Definition von IBL und verschiedener Abstufungen von IBL
2. Wirksamkeit von IBL

Unterrichtsforschung und -entwicklung

3. Status-quo von IBL in der Schulpraxis
4. Entwicklung und Evaluation von IBL-Unterrichtseinheiten
5. Verbindung von IBL und nationalen Bildungsstandards

Professionsforschung

6. Einstellungen von Lehrpersonen bzgl. IBL
7. Ihre Rolle und Rollenveränderung in IBL
8. Konzeption und Evaluation von Aus- und Weiterbildungsangeboten für Lehrkräfte

Assessmentforschung

9. Formative und summative Beurteilung in IBL
10. Prüfungs- und Testaufgaben für IBL

In jedem der Felder bestehen konkrete Forschungsdesiderata, zum Beispiel: Ad 1, wie lassen sich verschiedenen Formen und Abstufungen von IBL definieren, charakterisieren und begründen? Ad 3, wie weit wird IBL in einem spezifischen Land bzw. in einer Schulstufe oder einem Schultyp umgesetzt, d.h. wo lässt bei der Weiterentwicklung und -umsetzung von IBL anknüpfen? Ad 5, ist IBL konform mit den jeweiligen Bildungsstandards und Lehrplänen? Ad 7, welche Rolle kommt Lehrkräften bei IBL zu? Ad 9, wie lassen sich IBL-Prozesse und -Produkte formativ und summativ beurteilen und bewerten?

Im EU-Projekt PROFILES (Bolte, 2010) engagieren sich die Forschenden in einem Teil der Forschungsfelder, schwerpunktmäßig in den Feldern 4, 7 und 8, teilweise auch in 3 und 6. PROFILES ist also vor allem in der Unterrichtsforschung und -entwicklung sowie in der Professionsforschung tätig. Das Projekt leistet damit in den beteiligten 20 Ländern wichtige Beiträge zu Weiterentwicklung und -verbreitung des IBL-Konzepts. Um PROFILES noch wirksamer werden zu lassen, wäre Klärungen in den Feldern 1 und 5 wünschenswert.

Literatur

- Bell, T. (2007). Entdeckendes und forschendes Lernen. In S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Hrsg.), Physik-Methodik – Handbuch für die Sekundarstufen I und II. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor
- Bolte, C. et al. (2010). Professional Reflection Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science (PROFILES). Projektantrag an die Europäische Union. Berlin: Freie Universität
- Bybee, R. (1997). Achieving scientific literacy: from purposes to practices. Portsmouth: Heilmann
- Gray, P. (2012). Inquiry Based Science Education in Europe: Setting the Horizon 2020 Agenda für Educational Research). Berlin: Plenary talk at the First International PROFILES Conference
- Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht: Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. Unterricht Physik, 119, 4-14
- Labudde, P., & Adamina, M. (2008). HarmoS Naturwissenschaften: Impulse für den naturwissenschaftlichen Unterricht von morgen. Beiträge zur Lehrerbildung, 26 (3), 351-360
- Labudde, P., & Adamina, M. (2012). Kompetenzen fördern – Standards setzen: Naturwissenschaftliche Bildung in der Primarstufe. Kiel: IPN, Handreichung des Programms SINUS an Grundschulen
- NRC (1996). National Science Education Standards. Washington D.C.: National Research Council NRC
- NRC (2011). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington D.C.: The National Academies Press, www.nap.edu (06.10.2012)

Claus Bolte¹
 Michael Albertus¹
 Nina Bertels^{1,2}

¹Freie Universität Berlin
²Carl-Bosch-Schule, Berlin

Potenzielle Faktoren chemiebezogener Berufswahlentscheidungen – Entwicklung eines Fragebogens zur Analyse fachbezogener Entwicklungsaufgaben

Einleitung

„Europe needs more Scientists“ lautet der Titel des sog. Rochard Berichts, den die EU 2004 veröffentlicht hat. In diesem Bericht wird die Sorge vieler politischer Entscheidungsträger zum Ausdruck gebracht, dass der Fachkräftemangel in naturwissenschaftlichen und technischen Berufszweigen in naher Zukunft und in vielen (europäischen) Ländern auf ein besorgniserregendes Niveau ansteigen könnte. Das ungünstige Image der Naturwissenschaften sowie ein wenig berufsorientierender und unzureichend motivierender Unterricht werden dabei als Gründe für die gesellschaftlich beunruhigenden Prognosen ins Feld geführt.

Theoretische Überlegungen und Forschungsfragen

In diesem Beitrag gehen wir der Frage nach, welche Faktoren Jugendliche bei ihrer Entscheidung, (k)einen Beruf in der Chemischen Industrie zu ergreifen, eigentlich beeinflussen. Im Wesentlichen konzentrieren wir uns dabei auf drei Faktoren im Chemieunterricht, die die Berufswahl – wie wir annehmen – im wesentlichen Maße beeinflussen könnten.

1. Wir gehen davon aus, dass Schüler/-innen, die ihren Chemieunterricht in der Schule als wenig motivierend empfunden haben, sich wahrscheinlich eher gegen einen Beruf in diesem Bereich entscheiden werden. Die Beurteilung des motivationalen Lernklimas im Chemieunterricht (Bolte, 2004) könnte demnach ein Faktor sein, der sich auf die Berufswahl auswirkt. Wir fragen daher, wie das motivationale Lernklima im Chemieunterricht von Schüler(inne)n eingeschätzt wird, die einen chemiebezogenen Beruf anstreben bzw. die kurz vor ihrem Schulabschluss stehen und einen solchen Beruf ablehnen (Forschungsfrage 1).

2. Darüber hinaus sehen wir im Selbst-Prototypen-Abgleich (Kessels & Hannover, 2002) einen weiteren potenziellen Einflussfaktor. Jugendliche stehen im Zuge des Erwachsenwerdens vor der Aufgabe, sich darüber klar zu werden, wer sie eigentlich selbst sind, und wie sie von anderen gerne gesehen werden möchten. Dieses Bild über die eigene Person nennen Kessels und Hannover (2002) „Selbst“. Doch auch von anderen Personen oder Personengruppen machen wir uns ein Bild. Das Bild, das man sich von einer Personengruppe (z.B. von Personen einer bestimmten Berufsgruppe) gebildet hat, wird als „Prototyp“ bezeichnet. Kessels und Hannover konnten zeigen, dass Entscheidungen (z.B. die Wahl von Leistungskursen in der gymnasialen Oberstufe) durch Selbst- und Prototypen-Vergleiche erklärt werden können (selbst wenn diese Vergleichsprozesse i.d.R. nicht bewusst ablaufen). Je größer die Überschneidungen zwischen Selbst und Prototypen ausfallen, desto wahrscheinlicher wird eine positive Wahlentscheidung. Aus diesem Grund stellen wir uns folgende Fragen: Wie beschreiben Jugendliche sich selbst (Forschungsfrage 2a) und wie skizzieren sie „prototypische Vertreter“ aus dem Arbeitsfeld der Chemischen Industrie (Forschungsfrage 2b)?

3. Der dritte Faktor, der das (mangelnde) Interesse Jugendlicher an naturwissenschaftsbezogenen Berufen erhellen könnte, liegt unserer Meinung nach im Konzept der Entwicklungsaufgaben. Dieses Konzept geht auf Havighurst (1972) zurück und wurde in den 1990er Jahren von der Bildungsgangdidaktischen Forschung (Meyer & Reinartz 1998) aufgegriffen. Dem Entwicklungsaufgaben-Konzept folgend gibt es gewisse Aufgaben, die sich jedem Menschen in bestimmten Phasen des Lebens stellen. Werden diese Aufgaben erfolgreich bearbeitet, so führt dies zu Zufriedenheit und eine erfolgreiche Bearbeitung weiterer Entwicklungsaufgaben wird wahrscheinlich. Dreher und Dreher (1985) postulieren zehn Ent-

wicklungsaufgaben, die sich biographisch in der Periode der Adoleszenz den Heranwachsenden im Allgemeinen stellen. Schenk (2005) stellt die Frage, inwieweit naturwissenschaftlicher Unterricht Jugendliche bei der Bearbeitung von Entwicklungsaufgaben überhaupt unterstützen kann/sollte. Sie kommt zu dem Schluss, dass es pädagogisch wünschenswert wäre, wenn zumindest die folgenden sechs Aufgaben, die wir als „fachbezogene Entwicklungsaufgaben“ bezeichnen, im naturwissenschaftlichen Unterricht bearbeitet würden:

- Selbst (wissen, wer man ist, und was man werden will; siehe auch Selbst-Prototypen-Abgleich von Kessels und Hannover (2002) weiter oben)
- Werte (eigene Wertvorstellungen aufbauen)
- Beruf (wissen, was man werden will, und was man dafür tun muss)
- Konzepte (verstehen, wie Dinge im täglichen Leben funktionieren)
- Körper (den eigenen Körper verstehen und akzeptieren)
- Rolle (wissen, was man als Mann/ Frau alles tun kann, und was von der Gesellschaft erwartet wird)

Da zum Thema „Bearbeitung von Entwicklungsaufgaben im und durch Chemieunterricht“ keine empirisch statistischen Befunde vorliegen, richten wir unsere Aufmerksamkeit auf die Fragen: Für wie bedeutsam werden die sechs von Schenk postulierten „fachbezogenen Entwicklungsaufgaben“ von Jugendlichen überhaupt eingeschätzt (Forschungsfrage 3a) und in welchem Maße fühlen sich Heranwachsende im Chemieunterricht bei der Bearbeitung dieser Aufgaben unterstützt (Forschungsfrage 3b)?

4. Außerdem fragen wir: Wie groß ist eigentlich die Bereitschaft von Jugendlichen (kurz vor ihrem Schulabschluss), einen Beruf oder eine Berufsausbildung in der Chemischen Industrie zu ergreifen? (Forschungsfrage 4)

Methode

Zur Erforschung der genannten Fragestellungen haben wir ein Befragungsinstrument zusammengestellt, das aus mehreren, empirisch bereits bewährten Fragebogen zusammengesetzt wurde. Zum einen griffen wir auf den Fragebogen zur Analyse des motivationalen Lernklimas im Chemieunterricht zurück (Bolte 2004). Zum anderen adaptierten wir ein Instrument von Kessels und Hannover (2002) zum Selbst-Prototypen-Abgleich sowie deren Fragen zur Berufswahlabsicht. Außerdem galt es, einen Fragebogen zum Themenfeld „fachbezogene Entwicklungsaufgaben“ zu entwickeln und zu pilotieren. Dieser Fragebogen umfasst in seiner Erprobungsversion insgesamt zweimal 49 Items. Die ersten 49 Items dienen der Analyse der Bedeutsamkeit der fachbezogenen Entwicklungsaufgaben, der zweite Itemsatz dient der Bestimmung der Frage, inwieweit Jugendliche sich im bzw. durch Chemieunterricht bei der Bearbeitung ihrer (fachbezogenen) Entwicklungsaufgaben unterstützt sehen. Da es uns in dieser Studie vor allem um die Berufswahlentscheidungen von Schüler(inne)n geht, die gegenwärtig keinen akademischen Abschluss anstreben (oder erreichen), haben wir uns für eine Stichprobe von Hauptschüler(inne)n entschieden. Insgesamt befragten wir 394 Schüler/-innen aus zehn Berliner Hauptschulen. Die Schüler/-innen besuchten zum Zeitpunkt der Befragung die neunte Klasse. Des Weiteren haben wir 102 Auszubildende aus der Chemischen Industrie befragt. Diese besuchten das bbz-Chemie, ein Berufsbildungszentrum des VCI, in Berlin. Hintergrund der Befragung dieser (Teil-)Stichprobe(n) ist die Frage, in welchen Aspekten und in welchem Maße sich die Auszubildenden bzgl. der zu untersuchenden Variablen von den Hauptschüler(inne)n (statistisch) unterscheiden.

Ergebnisse und deren Diskussion

Das *motivationale Lernklima* im erlebten Chemieunterricht wurde sowohl von den Hauptschüler(inne)n als auch von den befragten Auszubildenden als recht unzureichend eingestuft. Den Befund in der Teilstichprobe der Auszubildenden erklären wir uns gegenwärtig damit, dass der Chemieunterricht ihrer Ausbildung die Beurteilung des schulischen Chemieunter-

richts beeinflusst haben könnte. Da der Unterricht in der Ausbildung als ausgesprochen gut bewertet wird, wird der zurückliegende Chemieunterricht im Vergleich zum Ausbildungsunterricht von den Auszubildenden offensichtlich besonders "kritisch" begutachtet. Das *Selbstbild* der Hauptschüler/-innen fällt gemessen an Kriterien sozialer Erwünschtheit deutlich positiver aus, als das Bild, das sie vom *Prototypen* aus dem Berufsfeld der Chemie zeichnen. Dies ist (überraschenderweise) auch bei den Auszubildenden der Fall; die Unterschiede zwischen Selbst und Prototyp fallen jedoch erwartungsgemäß bei den Auszubildenden deutlich kleiner aus, als dies bei den befragten Hauptschüler(inne)n der Fall ist. Besonders interessant scheinen uns die Ergebnisse bezüglich der *Entwicklungsaufgaben*. Die befragten Hauptschüler/-innen schätzten alle fachbezogenen Entwicklungsaufgaben als insgesamt bedeutsam ein; diese Einschätzung teilen die Auszubildenden. Das Ausmaß an Unterstützung bei der Bearbeitung ihrer Entwicklungsaufgaben im Chemieunterricht beschreiben die befragten Hauptschüler/-innen jedoch als eher gering. Aber auch die Auszubildenden geben zu verstehen, dass sie sich durch ihren schulischen Chemieunterricht bei der Bearbeitung ihrer Entwicklungsaufgaben kaum unterstützt fühlten. Überraschenderweise fällt der Vergleich dieser Einschätzungen auf Seiten der Auszubildenden deutlich ungünstiger aus als bei den befragten Hauptschüler/-innen. Dies ist für uns insofern erstaunlich, als dass wir (zunächst) angenommen hatten, dass Chemieunterricht, der Jugendliche bei der Bearbeitung ihrer Entwicklungsaufgaben unterstützt, eher dazu anregt, einen chemiebezogenen Beruf zu ergreifen. Auch hier sehen wir den Grund für die überraschenden Befunde im Unterricht des Ausbildungszentrums: Dieser Unterricht orientiert sich sehr stark an den Bedürfnissen der Auszubildenden und unterstützt sie (subjektiv betrachtet im sehr starken Maße) bei der Bearbeitung ihrer Entwicklungsaufgaben, insbesondere hinsichtlich der Aufgabe, eine Ausbildung abzuschließen und einen Beruf zu ergreifen. Diesem Vergleich scheint der zurückliegende Chemieunterricht nicht gewachsen; vor allem aus diesem Grund könnte er besonders ungünstig eingestuft und als wenig hilfreich beurteilt worden sein.

Ausblick

U.E. scheinen die Aussagen der Auszubildenden vom bereits erlebten Ausbildungsunterricht beeinflusst. Deshalb haben wir uns entschlossen, eine weitere Gruppe Auszubildender zu befragen. Im Zuge dieser Untersuchung werden wir besonders großen Wert darauf legen, dass die Teilnehmer/-innen ihre Ausbildung erst wenige Tage vor der Befragung aufgenommen haben, um so den ggf. "störenden" Einfluss des Ausbildungsunterrichts auf die Beurteilung des zurückliegenden schulischen Chemieunterrichts zu minimieren. Außerdem planen wir semi-strukturierte Interviews mit ausgewählten Schüler(inne)n und Auszubildenden durchzuführen, um so möglichst differenziert Auskunft über die Berufswahlmotive zu erhalten, die Jugendliche bewegen, (k)eine Ausbildung in der „Chemie“ zu ergreifen.

Literatur

- Bertels, N., C. Bolte (2009). Lebenswelt- und Berufsorientierung - Fremdworte im Chemieunterricht. In D. Höttecke, D. (Hrsg.), Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Münster: Lit-Verlag, 461-463
- Bolte, C. (2004). Motivationales Lernklima im Chemieunterricht an Realschulen und an Gymnasien. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 53 (7), 33-37
- Dreher, E., Dreher, M. (1985). Wahrnehmung und Bewältigung von Entwicklungsaufgaben im Jugendalter. In R. Oerter. (Hrsg.), Entwicklung im Jugendalter. Weinheim: edition psychologie
- Havighurst, R.J. (1972). Developmental Tasks and Education. New York: D. MacKay Company
- Kessels, U., Hannover, B. (2002). Die Auswirkungen von Stereotypen über Schulfächer auf die Berufswahlabsichten Jugendlicher. In B. Spinath, & E. Heise (Hrsg.), Pädagogische Psychologie unter gewandelten gesellschaftlichen Bedingungen. Hamburg:
- Meyer, M. A. & Reinartz, A. (Hrsg.) (1998). Bildungsgangdidaktik – Denkanstöße für pädagogische Forschung und schulische Praxis. Opladen: Leske & Budrich
- European Commissions (EC) (2004). *Europe Needs. More Scientists*. Report by a High level commissioned group. Brussels: European Commission
- Schenk, B. (Hrsg.) (2005). Bausteine einer Bildungsgangdidaktik. Wiesbaden: VS Verlag

Naturwissenschaftliche Bildung im Meinungsbild internationaler Stakeholder

Hintergrund und Fragestellungen

Im PROFILES Projekt geht es um die Dissemination von IBSE Ansätzen durch Nutzung innovativer Lernmaterialien in langfristigen Lehrerfortbildungen, um die Selbstwirksamkeit von Lehrer(inne)n dahingehend zu stärken, Sicherheit bei der Entwicklung von Unterrichtssequenzen und bei der Adaption geeigneter Unterrichtsmaterialien auf dem Gebiet naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung zu erlangen (Bolte et al., 2011). Die zu erarbeitenden Unterrichtsangebote sollen einen Beitrag zu einer zeitgemäßen naturwissenschaftlichen Grundbildung (Scientific Literacy) der Schüler/-innen leisten. Hierbei stellt sich die Frage, was eigentlich unter zeitgemäßer naturwissenschaftlicher Grundbildung zu verstehen ist. In der naturwissenschaftsdidaktischen Literatur wird bezüglich einer zeitgemäßen und wünschenswerten naturwissenschaftlichen Grundbildung im Sinne einer Scientific Literacy (OECD, 2004) weitgehend Einigkeit proklamiert. Doch welche Auffassungen und Erwartungen bezüglich einer zeitgemäßen und wünschenswerten naturwissenschaftlichen Grundbildung bestehen im Meinungsbild der Gesellschaft? Dieser Frage wird in einem der PROFILES Arbeitsschwerpunkte (WP3: Stakeholder Involvement) nachgegangen. Um diese Frage bestmöglich zu beantworten und mögliche Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen zu identifizieren, wird unter Einbeziehung zahlreicher Akteure (stakeholder) aus unterschiedlichen schulischen und naturwissenschaftlichen Kontexten in allen Partnerländern eine curriculare Delphi-Studie durchgeführt. Dieser Beitrag informiert über die Konzeption der „Internationalen Curricularen Delphi-Studie Naturwissenschaften“ und nimmt sowohl erste Ergebnisse der PROFILES Arbeitsgruppe der Freien Universität Berlin (FUB) als auch die der weiteren Partner in den Blick.

Methode und Design der Curricularen Delphi-Studie Naturwissenschaften

Ziel einer Delphi-Studie ist das Zusammentragen, Verdichten und systematische Ordnen von Wissen und Ansichten verschiedener Experten aus unterschiedlichen Bereichen (Linstone & Turoff, 1975). Die Ergebnisse von Delphi-Studien gestatten Prognosen und liefern empirisch gesicherte Orientierungs- und Entscheidungshilfen. Charakteristisches Merkmal des Delphi-Verfahrens ist die systematische, in verschiedenen (meist zwei bis vier) Runden stattfindende Befragung eines festen Teilnehmerkreises. Dieses Vorgehen dient der Differenzierung wie auch der systematischen inhaltlichen Verdichtung der allgemeinen Fragestellung. So werden ab der zweiten Runde (Zwischen-)Ergebnisse der jeweils vorherigen Runde an die Teilnehmer rückgemeldet. Dies eröffnet ihnen die Möglichkeit, die eigene Meinung gegebenenfalls zu korrigieren oder zu untermauern sowie weitere Einschätzungen vorzunehmen. Die Steuerung des wechselseitigen Informationsflusses und damit die Kommunikation der untereinander anonymen Teilnehmer wird von einer zentralen Arbeitsgruppe sichergestellt (Ammon, 2009; Häder, 2009).

Bezüglich des Designs **curricularer Delphi-Studien** wird das Grundmuster des klassischen Delphi-Verfahrens in Anlehnung an Häußler et al. (1980) um zwei „curriculare Elemente“ ergänzt und präzisiert: Zum einen werden aufgrund des curriculumsbezogenen Inhalts der Befragung die zu befragenden Experten anhand eines bestimmten Kriterienkatalogs ausgewählt. Zum anderen wird die übergeordnete Fragestellung anhand eines formalen Frage- und Aufgabenformats präzisiert (Bolte, 2003; Häußler et al., 1980). Tabelle 1 gibt Auskunft über die Zusammensetzung und den für jeden PROFILES Partner angestrebten Umfang der Stichprobe.

Gruppe I (N=25)	Gruppe II (N=25)	Gruppe III (N=25)	Gruppe IV (N=25)
Schüler	Lehrer/lehramtsbezogene Tätigkeiten	Didaktiker	Naturwissenschaftler
<ul style="list-style-type: none"> • Grundkurs • Leistungskurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Lehramtsstudenten • Referendare • Lehrer • Fachseminarleiter 	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrerverbände • Fachdidaktiker • Lehrplanverantwortliche 	<ul style="list-style-type: none"> • Forschung • Industrie • naturwissenschaftsaffine Berufe

Tab. 1: Zusammensetzung des Teilnehmerkreises

Die „Internationale Curriculare Delphi-Studie Naturwissenschaften“ ist in Anlehnung an die Curricularen Delphi-Studien Chemie (Bolte, 2003) und Physik (Häußler u. a., 1980) wie in Abbildung 1 dargestellt in drei Untersuchungsabschnitte (Befragungsrunden) unterteilt.

Die *erste Runde* eröffnet den Teilnehmern die Möglichkeit, ihre Ansichten und Vorstellungen bezüglich der Merkmale einer zeitgemäßen und wünschenswerten naturwissenschaftlichen Bildung zu äußern. Dabei wird die übergeordnete Fragestellung anhand dreier konkretisierender Fragen präzisiert. Die Fragen beziehen sich auf Kontexte, Situationen und Motiven, die zum Anlass für naturwissenschaftliche Bildungsprozesse genommen werden können, auf Inhalte, die berücksichtigt werden sollten und auf Qualifikationen und Haltungen, die im Hinblick auf eine naturwissenschaftliche Bildung entwickelt und gefördert werden sollten. Die Antworten der Teilnehmer werden inhaltsanalytisch ausgewertet und systematisiert. In der *zweiten Runde* werden den Teilnehmern die Ergebnisse der qualitativen Analyse aus der jeweiligen ersten Runde in Form von Kategorien (Aussagebündeln) zurückgemeldet. Aufgabe der Teilnehmer in der zweiten Runde ist es, eine gewichtete Einschätzung dieser Kategorien bezüglich Priorität und Realisierung in der Praxis vorzunehmen. Um als relevant erachtete Konzepte naturwissenschaftlicher Bildung zu identifizieren, werden die Teilnehmer in der zweiten Runde zudem gebeten, Kategorien zu gruppieren, die sie in ihrer Kombination als besonders bedeutsam erachten. Mittels hierarchischer Clusteranalysen können auf diese Weise Konzepte naturwissenschaftlicher Bildung identifiziert werden. Die auf diese Weise identifizierten Konzepte werden den Teilnehmern in der *dritten Runde* analog zur zweiten Runde zur gewichteten Einschätzung vorgelegt. Außerdem werden sie gebeten, diese Einschätzungen nach verschiedenen Bildungsbereichen zu differenzieren.

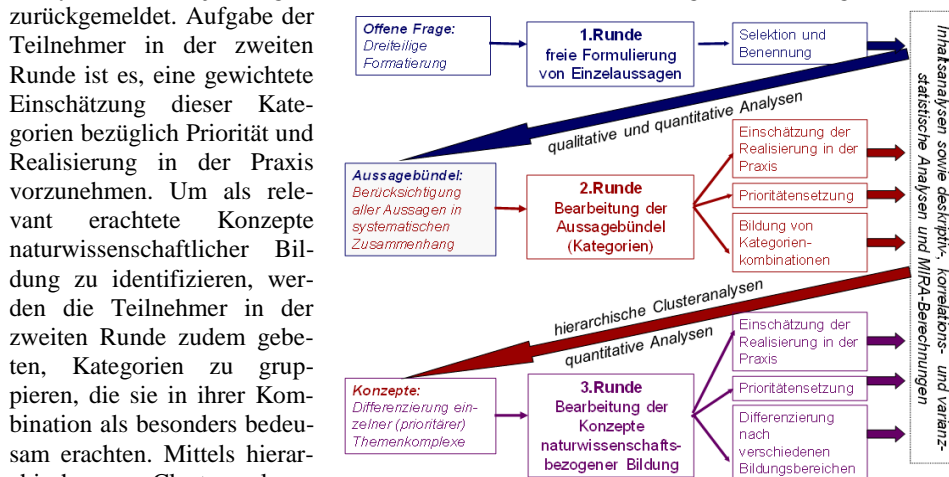


Abb. 1: Verfahren der Datenanalyse in den drei Runden in Anlehnung an Bolte (2003)

Die auf diese Weise identifizierten Konzepte werden den Teilnehmern in der *dritten Runde* analog zur zweiten Runde zur gewichteten Einschätzung vorgelegt. Außerdem werden sie gebeten, diese Einschätzungen nach verschiedenen Bildungsbereichen zu differenzieren.

Ergebnisse und Ausblick

Im Rahmen der ersten Runde der „Internationalen Curricularen Delphi-Studie Naturwissenschaften“ wurden von 18 Konsortialpartnern insgesamt mehr als 2400 Akteure aus dem Bildungswesen und verschiedenen naturwissenschaftlichen Bereichen eingebunden. An der Curricularen Delphi-Studie Naturwissenschaften an der FU Berlin haben in der ersten Runde insgesamt 193 Experten teilgenommen und ihre Ansichten bezüglich einer

zeitgemäßen naturwissenschaftlichen Grundbildung sehr facettenreich zum Ausdruck gebracht.

Sample Freie Universität Berlin (Juli 2012)		Anzahl Teilnehmer	Anzahl Aussagen	Durchschnittliche Anzahl Aussagen pro Person
Schüler/-innen		39	415	11
Lehrer/-innen	Lehramtsstudierende	32	63	1147
	Referendare/-innen	5		
	Lehrer/-innen	18		
	Fachseminarleiter/-innen	8		
Fachdidaktiker/-innen		30	828	28
Naturwissenschaftler/-innen		61	769	13
Gesamt		193	3159	16

Tab. 2: Stichprobe und Antwortverhalten der Teilnehmer Runde 1 – FUB

Die Verteilung und das Antwortverhalten der FUB Stichprobe ist in Tabelle 2 dargestellt. Für die qualitative Analyse der Antworten der von der FU Berlin involvierten Teilnehmer wurde an der FU Berlin ein Kategoriensystem mit 88 Kategorien entwickelt. Der Übereinstimmungsquotient beim Codieren einer Stichprobe von 20 Fragebögen liegt für dieses Kategoriensystem bei 77% und entspricht damit wissenschaftlichen Ansprüchen. Mithilfe des entwickelten Klassifikationssystems können durch die Überführung und Bündelung der Teilnehmerstatements in Kategorien bereits in der ersten Runde Schwerpunkte im Meinungsbild der Teilnehmer identifiziert werden. Die Antworten der Teilnehmer in der ersten Runde an der FU Berlin weisen Schwerpunkte in alltagsbezogenen, umweltbezogenen, IBSE-bezogenen und aktuellen Themen und Bereichen auf. Auffällig ist, dass die benannten Aspekte in der Regel nicht fachbezogen, sondern meist interdisziplinär angesprochenen wurden; erste Vergleiche der Ergebnisse von anderen Konsortialpartnern zeigen ähnliche Tendenzen. Bei der quantitativen Analyse der Antworten FUB Gesamtstichprobe wird deutlich, dass 15 Kategorien von besonders vielen Teilnehmern genannt wurden ($N > 25\%$), während 9 Kategorien von besonders wenigen Teilnehmern genannt wurden ($N < 5\%$). Vergleicht man diesbezüglich die einzelnen Stichprobengruppen, so fällt auf, dass die häufigsten und vielfältigsten Kategorienbenennungen in der Gruppe der Naturwissenschaftsdidaktiker/-innen zu finden sind, gefolgt von der Gruppe der Lehrer/-innen, wohingegen die Naturwissenschaftler/-innen und Schüler/-innen deutlich weniger differenziert geantwortet haben. Inwieweit jene Aspekte, die nur von wenigen Teilnehmern genannt wurden, tatsächlich als wenig relevant zu erachten sind, oder ob diese deshalb so selten genannt wurden, weil sie möglicherweise in der Bildungspraxis wenig präsent sind, wird in der zweiten Runde ebenso untersucht wie die Frage, inwieweit sich die Ansichten der verschiedenen Teilnehmergruppen annähern oder weiterhin unterscheiden.

Literatur

- Ammon, U. (2009). Delphi-Befragung. In S. Kühl, P. Strodtholz, & A. Taffertshofer (Hrsg.), Handbuch Methoden der Organisationsforschung . 458–476. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften
- Bolte, C. (2003). 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., Streller, S., Holbrook, J., Mamlok Naam, R., Hofstein, A., & Rauch, F. (2011). PROFILES* – PROFESSIONAL REFLECTION-ORIENTED FOCUS ON INQUIRY-BASED LEARNING. Abgerufen von http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/ebook/strand5/ebook-esera2011_BOLTE_2-05.pdf [30.05.2012]
- Häder, M. (2009). Delphi-Befragungen: Ein Arbeitsbuch (2. Aufl.). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften
- Häußler, P., Frey, K., Hoffmann, L., Rost, J., & Spada, H. (1980). Physikalische Bildung: Eine curriculare Delphi-Studie. Teil I: Verfahren und Ergebnisse. IPN-Arbeitsbericht 41. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften Kiel. IPN-Arbeitsbericht 41. Kiel: IPN
- Linstone, H. A., & Turoff, M. (1975). The Delphi Method: Techniques and Applications. Reading, Mass. u.a: Addison-Wesley
- OECD. (2004). Lernen für die Welt von morgen. Erste Ergebnisse von PISA 2003. Abgerufen von <http://www.oecd.org/edu/preschoolandschool/programmeforminternationalstudentassessmentpisa/34474315.pdf>

PROFILES II: Beispiele aus der Projektpraxis

PROFILES ist das Acronym für „Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science“ und der Titel eines der im 7. Förderprogramm der EU geförderten Projekte, die sich um die Verbesserung der Praxis naturwissenschaftlicher Bildung bemühen. Nachdem in den Beiträgen aus dem Symposium „PROFILES I: Von der Theorie zur Praxis“ in diesem Tagungsband der Rahmen und wesentliche Eckpunkte des Projekts vorgestellt und diskutiert wurden (siehe Bolte, Streller; Labubbe, Börlin, 2013; Bertels, Bolte, Albertus, 2013; Schulte & Bolte, 2013, in diesem Band), geht es im zweiten Symposium schwerpunktmäßig um die Praxiserfahrungen in der Projektarbeit. Zu jedem der Projektschwerpunkte (WP: Work Packages), die die Projektarbeit mit Lehrerinnen und Lehrern sowie mit Schülerinnen und Schülern betreffen, werden wir in den folgenden Beiträgen ein Praxisbeispiel vorstellen und über Erfahrungen bzw. über Ergebnisse aus der wissenschaftlichen Begleitforschung berichten.

Ausgangspunkt in der praktischen Umsetzung der Projektziele ist die Entwicklung bzw. Adaptierung innovativer Lernumgebungen (WP4: Learning Environments). Diese bilden die Grundlage, um kontinuierlich ausgerichtete und langfristig angelegte Lehrerfortbildungsveranstaltungen zu etablieren bzw. die universitäre Lehrer-Ausbildung zu bereichern (WP5: Teacher Continuous Professional Development). Ziel der ca. einjährigen Lehrerbildungsmaßnahmen ist es, die Teilnehmer davon zu überzeugen, das gemeinsam Erarbeitete in der eigenen Praxis zu verankern (WP6: Teacher Ownership). Dies soll – so das übergeordnete Ziel des PROFILES Projekts – letztendlich für die Schülerinnen und Schüler, die PROFILES Unterricht erteilt bekommen, von Gewinn sein (WP7: Students Gains). Zu jedem der hier genannten Projektschwerpunkte (den Work Packages) werden die an diesem PROFILES Symposium beteiligten Projektpartner jeweils Praxisbeispiele vorstellen und über Erfahrungen und über (erste) Ergebnisse aus ihren Forschungsarbeiten berichten.

Der **erste Beitrag** bezieht sich auf das Work Package 4: Learning Environments. Marc Stuckey und seine Kolleg(inn)en aus der Chemiedidaktik der **Universität Bremen** (AG Eilks) berichten von ihren Erfahrungen im Zuge der Entwicklung von praxisrelevanten Unterrichtsmaterialien. Im Mittelpunkt dieses Beitrags steht die Entwicklung eines PROFILES Moduls zum Thema: „Kleidung – die zweite Haut“. Dieses Modul wurde im Rahmen des „Bremer CPD-Modells“ (CPD: – continuous professional development) in Kooperation mit Lehrer/-innen unterschiedlicher Fachrichtungen erarbeitet und mit Hilfe des Ansatzes der partizipativen Aktionsforschung wissenschaftlich untersucht (siehe Stuckey u.a., in diesem Tagungsband).

Der **zweite Beitrag** richtet die Aufmerksamkeit auf die Intention, angehende Chemie- und Biologie-Lehrer/-innen für forschend-entwickelnden (bzw. an IBSE-Ansätzen orientierten) Unterricht zu gewinnen. Sabine Streller berichtet von der Konzeption einer Lehrveranstaltung für Studierende des Lehramts Biologie (WP5: Teacher training/Continuous professional development). Am Beispiel eines intensiv beworbenen Konsumprodukts (dem Getränk „Active O2“) zeigen Sabine Streller und zwei Lehramtsstudierende der **RWTH Aachen** auf, wie Studierende mit naturwissenschaftlichen Studien- bzw. Unterrichtsfach im Rahmen ihrer Ausbildung die Entwicklung forschend-entwickelnder Lernumgebungen als persönlich und professionsbezogenen bereichernd erlebt haben, und zu welchen beeindruckenden Ergebnissen kooperativ gestaltete Lehrveranstaltungen führen können. Diesen

Beitrag haben wir als Anregung für die Konzeption ‚guter‘ Ausbildungspraxis im Sinne eines „Good Practice“-Beispiels systematischer Fort- bzw. Ausbildung aufgenommen.

Im **dritten Beitrag** von Vincent Schneider und Claus Bolte, **Freie Universität Berlin**, geht es im Schwerpunkt um die Darstellung des „stages of concern“-Ansatzes zur Rekonstruktion von Professionalisierungsprozessen (WP6: Teacher ownership). Auch bei diesem Beitrag handelt es sich um ein Beispiel aus der universitären Ausbildung angehender Lehrer/-innen mit naturwissenschaftlichen Studien- und Unterrichtsfach. In diesem Bericht wird die Konzeption eines an IBSE-Ansätzen orientierten Ausbildungsmoduls skizziert, um daran aufzuzeigen, wie sich komplexe und abstrakte Ziele normativ erwünschter Professionalisierungsprozesse wissenschaftlich fundiert und fachdidaktisch stimmig rekonstruieren lassen. Der vorgestellte Untersuchungsansatz zeigt an einem Beispiel auf, wie ausgewählte, PROFILES bezogene Projektziele (wie z.B. die in WP6 formulierten Ziele zum „Teacher Ownership“) systematisch und intersubjektiv vergleichbar evaluiert werden können.

Der **vierte Beitrag** dieses PROFILES Symposiums wendet sich der Frage zu, ob bzw. in welcher Weise die am PROFILES Projekt beteiligten Schüler/-innen von Unterrichtssequenzen im PROFILES Stil profitieren (WP7: Students gains). Um Erfolge bzw. Misserfolge im Zuge der Realisierung von PROFILES Modulen unterschiedlicher thematischer und/oder fachlich-inhaltlicher Ausrichtungen im Kontext international unterschiedlicher Rahmenbedingungen möglichst vergleichbar nachzeichnen zu können, hat sich das PROFILES Konsortium darauf verständigt, (neben anderen) ein gemeinsames Instrument zu nutzen. Das PROFILES Konsortium einigte sich darauf, das Instrument „MoLe – Motivationales Lernklima“ (Bolte 2004) zu verwenden, um damit der Frage nachzugehen, welche Effekte PROFILES basierter Unterricht auf die Motivation der beteiligten Schüler/-innen hat. Im Rahmen der GDGP-Jahrestagung stellten Tuula Keinonen und Kari Sormunen von der **University of Eastern Finland** sowie Claus Bolte und Thomas Mühlenhoff von der **Freien Universität Berlin** erste Ergebnisse ihrer wissenschaftlichen Begleitforschung vor.

PROFILES in der Lehramtsausbildung

Einleitung

Zentral im PROFILES-Projekt ist die Etablierung langfristig angelegter Aus- und Fortbildungsveranstaltungen für (angehende) Lehrer/-innen, in denen Lernmaterialien (Module) für einen zeitgemäßen naturwissenschaftlichen und an IBSE orientierten Unterricht entwickelt bzw. adaptiert und ggf. im eigenen Unterricht erprobt werden. In der universitären Ausbildung angehender Lehrerinnen und Lehrer für das Fach Biologie an der RWTH Aachen wurde im Wintersemester 2011/12 das Seminar „PROFILES – Forschendes Lernen im Biologieunterricht“ im Rahmen der Biologiedidaktik angeboten. Ziel dieses Seminars war es, Studierende mit den Grundlagen des PROFILES-Ansatzes vertraut zu machen und sie anzuleiten, selbstständig Module zu entwickeln, die den PROFILES-Kriterien entsprechen.

Konzeption des Seminarangebotes

Das Seminar „PROFILES – Forschendes Lernen im Biologieunterricht“ wurde in zwei Teilen konzipiert. Im ersten Teil wurden die Studierenden mit den Grundzügen des PROFILES Projektes vertraut gemacht (PROFILES, 2012; Bolte u.a., 2011). Kriterien, denen Module im PROFILES-Projekt genügen sollten, wie hohe Schüleraktivität, forschendes und selbstständiges Lernen der Schüler, Lebensweltbezug, Kommunikation, zentrale Konzepte der Naturwissenschaften, persönliche Relevanz und/oder gesellschaftliche Bedeutung des Inhalts sowie fachübergreifende Aspekte (PROFILES 2012) wurden diskutiert und der Ansätze forschenden Lernen im Biologieunterricht erörtert. Schwerpunkt der Seminarkonzeption war es, den Studierenden Wege aufzuzeigen, wie sie Ausgangspunkte für forschendes Lernen finden und in die Entwicklung von Lernumgebungen umsetzen können. Die kritische Analyse und Überarbeitung bereits vorhandener Materialien hinsichtlich der PROFILES-Kriterien wurde als ein Weg aufgezeigt und die Nutzung von Alltagsprodukten als Ausgangspunkt für forschendes Lernen, das sogenannte „product inquiry“ als ein anderer. Dem Ansatz des *product inquiry* liegt die Idee zu Grunde, dass sich verschiedene Produkte unseres täglichen Lebens besonders gut eignen, um naturwissenschaftliche Fragestellungen aufzuwerfen und diese differenziert im Unterricht zu bearbeiten. Im Seminar haben vier Gruppen von Studierenden beide Wege beschrritten und unterschiedliche Module zu folgenden Themen entwickelt: Sagrotan – Einführung in Arbeitsweisen der Mikrobiologie; ActiveO2 – Der Powerstoff mit Sauerstoff; Anpassung an Lebensräume – Der Eisbär; Das Ohr als Sinnesorgan.

Am Semesterende wurden diese Entwicklungsarbeiten von jeder Gruppe in Form einer Posterpräsentation zur Diskussion gestellt und anschließend von allen Teilnehmern reflektierend bewertet. Als Grundlage der Bewertung dienten die o.g. Kriterien des PROFILES-Ansatzes, die die Studierenden in ihren Planungen zu berücksichtigen hatten. Darüber hinaus wurden weitere – eher allgemeine – Bewertungskriterien wie Kreativität, Darstellung und Präsentation durch die Studierenden der Begutachtung zu Grunde gelegt. Das Modul „Active O2“ – entwickelt von Angela Hansen und Thomas Schulte – entsprach nach Einschätzung aller Seminarteilnehmer dem PROFILES-Ansatz am besten. Die Studierenden entwarfen einen Unterrichtsvorschlag für die Sekundarstufe II, den ich im Folgenden vorstellen möchte.

Beispiel eines Moduls: ACTIVE O2 – Der Powerstoff mit Sauerstoff

Bei dem Produkt *Active O2* handelt es sich um sogenanntes Sauerstoffwasser. In vielen Ländern Europas ist ein solches Wasser erhältlich; die Handelsnamen differieren. Active O2

ist seit 2001 auf dem deutschen Markt, wird in Kunststoffflaschen vertrieben, enthält laut Inhaltsangabe 40mg/l Sauerstoff und verspricht die Leistungsfähigkeit zu steigern sowie für ein Optimum an Kraft und Ausdauer zu sorgen (www.activeo2.de). Ausgehend von diesem Produkt haben die Studierenden ein mehrstündiges Unterrichtsmodul für die Sekundarstufe II entwickelt, verbunden mit den Zielen, naturwissenschaftliche Fragestellungen aus alltäglichen Kontexten abzuleiten, Experimente zu planen und durchzuführen, kommunikative Kompetenzen zu fördern sowie Produkte des täglichen Lebens und Werbeversprechen kritisch zu bewerten. Das Modul besteht aus insgesamt vier Phasen, die dem „three-stage-model“ (PROFILES, 2012) entsprechen.

Phase 1 – Produktanalyse, Fragen sammeln und gruppieren

In der 1. Phase erhalten die Schüler/-innen (der Sek. II) das Produkt und Zeit, um dieses zu erkunden. Dabei sollen sie alle Fragen, die während der Erkundung entstehen, notieren. Die Fragen werden anschließend gesammelt und gemeinsam geordnet. Je nach Anzahl an Fragen werden verschieden viele Cluster gebildet.

Fragen - Beispiele ¹	Cluster
Wie viel Sauerstoff enthält Active O2 im Vergleich zu anderen Mineralwässern? Wie viel Sauerstoff entweicht bereits beim ersten Öffnen der Flasche?	I Bestimmung des Sauerstoffgehalts
Wovon hängt ab, dass sich Sauerstoff in Wasser löst? Muss Active O2 bei einer bestimmten Temperatur hergestellt werden?	II Temperaturabhängigkeit der Sauerstofflöslichkeit
Wieso wird Active O2 beim Sport empfohlen? Kommt es wirklich zu einer Leistungssteigerung durch das Trinken von Active O2?	III Leistungssteigerung
Wie kann das Getränk hergestellt werden?	IV Herstellung

Tab. 1: Gruppierung von Fragen zum Produkt Active O2 in vier Themengebiete

Phase 2 – Experimente zur Untersuchung der oben genannten Fragen planen und durchführen
In dieser Phase wählen die Schüler/-innen eine Thematik, die sie gern untersuchen möchten. Auf diese Weise entstehen die Gruppen I bis IV. Jede Gruppe ist angehalten, zunächst zu überlegen, wie sie die Fragen aus ihrem Themengebiet untersuchen möchte. Außerdem sollen sie eine Strategie für die entsprechende Untersuchung entwerfen. Um Schwierigkeiten in der Planung der Experimente und bei der Nutzung geeigneter Methoden und Materialien zu begegnen, wurden gestufte Lernhilfen (Stäudel, 2008) für jede der vier Gruppen entwickelt. In den Lernhilfen ist eine Progression vorhanden; sind die ersten Hilfen noch recht allgemein gehalten, findet sich in der letzten eine konkrete Experimentieranleitung.

Alle vorgeschlagenen Experimente sind gut in der Schule umsetzbar, da kein großer materieller Aufwand betrieben werden muss. Die Bestimmung des Sauerstoffgehalts kann z.B. leicht mit einem O₂-Testkit zur Sauerstoffmessung in Aquarien erfolgen. Diese Messmethode kann ebenfalls zur Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit von Sauerstoff in Wasser verwendet werden (vgl. Tab.1). Mit einem Fingerpulsoximeter kann der Einfluss des Wassers die Leistungsfähigkeit untersucht werden. Dazu erfasst das Gerät mit einer Klammer an der Fingerspitze die Sauerstoffsättigung des Blutes und den Puls. Während einer Belastung (z.B. Treppensteigen oder Kopfrechnen) können die Schüler so vor und nach dem Trinken von Active O2 ihren Sauerstoffanteil im Blut untersuchen. Solche Geräte können gekauft oder ausgeliehen werden. Um die Möglichkeit der Herstellung des Getränks zu untersuchen, werden low-cost Geräte aus der Medizin verwendet. Indem zwei Spritzen gasdicht miteinander verbunden werden, wird reiner Sauerstoff aus

¹ Die in der Tabelle enthaltenen Fragen sind während der Erarbeitung des Moduls von der Seminargruppe aufgeworfen wurden und wurden zu vier Clustern gebündelt.

einer Spritze in abgekochtes Wasser in der anderen Spritze gedrückt und anschließend der Sauerstoffgehalt im Wasser bestimmt (vgl. Borstel u.a., 2006).

Viele weitere Experimente und Untersuchungen sind denkbar. Die hier genannten Beispiele zeigen nur einige Möglichkeiten auf, wie die von den Schülern formulierten Fragen bearbeitet werden können.

Phase 3 – Protokolle und Recherche Nach der experimentellen Bearbeitung erstellen die Schüler in jeder Gruppe Protokolle. Sie werten ihre Untersuchungsergebnisse aus, führen ggf. weitere Recherchen durch, um ihre Ergebnisse mit Literaturwerten zu vergleichen. Desweiteren bereiten sich alle Schüler einer jeweiligen Gruppe darauf vor, ihren Mitschülern über die von ihnen untersuchten Fragestellungen und über die Ergebnisse ihrer Untersuchungen berichten zu können. Abschließend werden neue Gruppen gebildet: Aus jeder bisherigen Gruppe findet sich jeweils ein „Experte“ in der jeweils neuen Gruppe zusammen. Jeder Experte informiert nun seine Mitschüler über die eigenen bisher geleisteten Arbeiten und die dabei gewonnenen Erkenntnisse. So werden alle Schüler zum Ende dieser Phase auf einen ähnlichen Stand der Dinge gebracht.

Phase 4 – Transfer In der letzten Phase des Moduls sollen die Schüler in den neu zusammengestellten Gruppen eine Problemfrage aus dem Bereich der Gewässerökologie bearbeiten. In dieser Phase sind alle Teilnehmer gehalten, ihr Wissen aus den vorangegangenen Phasen einzubringen. Um gemeinsam zu einer Lösung zu kommen sind die Schüler aufgefordert, ihr Wissen auf die neue Situation zu übertragen. Ausgangspunkt zur Formulierung der Problemfrage ist ein Zeitungsartikel, der über massenhaftes Fischsterben berichtet. Die Aufgabe der Schüler ist es, die Ursachen und Bedingungen für das Massensterben von Fischen zu ermitteln und eine Problemlösung zu erarbeiten, wie das Fischsterben verhindert bzw. eingedämmt werden kann.

Zusammenfassung

Das Modul Active O2 zeichnet sich durch eine sehr offene und äußert schülerorientierte Planung aus. Da die Schüler angehalten sind, ihre eigenen Fragen zu einem Produkt zu formulieren und zu bearbeiten, können sie ihren Neigungen folgend den Unterricht mitgestalten. Die Entwicklung und Planung von Experimentieranordnungen sind zentraler Bestandteil der PROFILES Konzeption. Das hier vorstellte Modul berücksichtigt unterschiedliches Vorwissen und kann daher flexibel in verschiedenen Klassenstufen oder in heterogen zusammengestellten Lerngruppen eingesetzt werden. Des Weiteren kann der Fokus verstärkt auf eine klassische naturwissenschaftliche Disziplin oder auf einen stärker fachübergreifenden Unterricht gerichtet werden. Das Modul ist offen für Erweiterungen, so bietet sich z.B. eine genauere Betrachtung der Werbung dieses Produkts an. Die z.T. recht offensiven Werbeaussagen können aufgrund der Erarbeitungen im Modul gezielt geprüft und kritisch – auf der Grundlage naturwissenschaftlicher Evidenz – bewertet werden.

Literatur

- Bolte, C., Streller, S., Holbrook, J., Rannikmae, M., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Rauch, F. (2011). http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/ebook/strand5/ebook-esera2011_BOLTE_2-05.pdf
- Borstel, G., Böhm, A., Hahn, O., Welter, H. (2006): „Powerstoff mit Sauerstoff?“ Kontextnahe Erarbeitung der Löslichkeit von Gasen durch kritisches Hinterfragen von Werbeaussagen. MNU, 59/7, 413-415
- PROFILES (2012). www.profiles-project.eu
- Stäudel, L. (2008). Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. Friedrich-Verlag. <http://www.activeo2.de> (Zugriff 8.10.2012)

Stages of Concern angehender Chemielehrer/-innen hinsichtlich IBSE

Forschendes Lernen im Sinne US-amerikanischer Inquiry-Based Science Education (IBSE)-Ansätze (AAAS, 2000; NRC, 2000) oder in Anlehnung an deutsch-sprachige forschungsorientierte Unterrichtskonzepte (Bell, 2006; Fries und Rosenberger, 1981; Schmidkunz und Lindemann, 2003) werden heutzutage als Grundlage für zeitgemäßen naturwissenschaftlichen Unterricht angesehen (Rocard et al., 2007). Konsequenterweise wurde daher auch die Vermittlung zumindest prototypischer naturwissenschaftlicher Erkenntniswege in den Kanon der Nationalen Bildungsstandards für Chemieunterricht aufgenommen (KMK, 2005). Da Lehrer/-innen im Zuge der Implementierung von Innovationen eine zentrale Rolle spielen, gelten Erwartungen und Einstellungen, die Lehrer/-innen im Zuge ihrer Professionalisierung mit innovativen Ansätzen entwickeln, als wesentliche Voraussetzungen, um erforderliche Reformen nachhaltig in der Schulpraxis zu verankern (Bolte et al., 2012).

Das PROFILES CPD-Programm der FUB für Lehramtsstudierende mit Fach Chemie

Ziel des PROFILES Projekts ist u.a. die Entwicklung und Durchführung von langfristigen ausgerichteten Aus- und Fortbildungsangeboten für Lehramtsstudierende und Lehrer/-innen, die auf IBSE-Ansätzen basieren. Diese Angebote werden im Rahmen des PROFILES Projekts als „Continuous Professional Development (kurz: CPD) Programme“ bezeichnet. Um angehende (Chemie-)Lehrer/-innen möglichst frühzeitig für zeitgemäße naturwissenschaftliche Unterrichtskonzepte zu sensibilisieren, damit sie diese in ihren Unterrichtspraktika oder im Zuge unterrichtspraktischer Übungen erproben und systematisch reflektieren, hat die PROFILES Gruppe der FU Berlin verschiedene chemiedidaktische Ausbildungsmodule konzipiert und im BA-Studiengang etabliert. Im Rahmen eines dieser chemiedidaktischen Lehrangebote planen die Studierenden unter Berücksichtigung von zeitgemäßen IBSE-Ansätzen eine Projektwoche zu Themen des „Umweltschutzes“ z.B. „Saurer Regen“ oder „CO₂ als Treibhausgas“. Anschließend führen die Teilnehmer/-innen die geplanten Unterrichtssequenzen eigenständig in authentischen Lern- und Unterrichtssituationen durch. Die inhaltlich-methodischen Schwerpunkte des Moduls sind auf folgende Ziele gerichtet:

Die Lehramtsstudierenden...

- lernen IBSE-Instruktionsmodelle kennen,
- diskutieren Vor- und Nachteile von IBSE-Ansätzen,
- planen IBSE-bezogene Lernumgebungen zu Themen des „Umweltschutzes“ und präsentieren ihre Unterrichtsentwürfe ihren Kommilitonen,
- reflektieren und diskutieren Vor- und Nachteile der geplanten Lernumgebungen,
- führen die geplanten Unterrichtsstunden in Klassen des 7./8. Jahrgangs eigenständig durch,
- reflektieren die eigenen Unterrichtsstunden und die ihrer Kommilitonen.

Um die Wirkung dieses Ausbildungsangebots zu analysieren, konzentrieren wir uns auf die Rekonstruktion professionsbezogener Einstellungen zur Implementierung von IBSE in die Unterrichtspraxis. Eine Grundlage bildet hierfür die ‚Theory of Planned Behavior‘ von Ajzen (1991). Folgt man dieser Theorie, so steigt die Wahrscheinlichkeit, dass z.B. forschend-entwickelnder Unterricht in der Praxis realisiert wird, wenn Lehrer/-innen diesem Konzept positiv und aufgeschlossen gegenüber eingestellt sind. Zur differenzierteren Analyse ‚professionsbezogener Einstellungen‘ nutzen wir darüber hinaus das „Stages of Concern (kurz: SoC)-Modell“ von Hall und Hord (2006, 2011) und einen darauf basierenden deutschsprachigen Fragebogen (Pant et al., 2008). Das SoC-Modell besagt, dass im Zuge der

Implementierung von unterrichtsbezogenen Innovationen betroffene Lehrer/-innen verschiedene „Concerns“ (Bedenken) reflektieren und Entwicklungsprozesse durchlaufen; zu nennen sind: „Bewusstsein“ (SoC A), „Informationsbedürfnis“ (SoC B), „Persönliche Betroffenheit“ (SoC C), „Aufgabenmanagement“ (SoC D), „Auswirkungen auf Lernende“ (SoC E), „Kooperationsbereitschaft“ (SoC F) und „Optimierung/Revision“ (SoC G). Selbst wenn dieser idealtypische Entwicklungsverlauf in der Realität eher selten zu finden ist, lassen sich mit Hilfe des SoC-Modells spezifische Einstellungsprofile (sog. SoC-Profile) rekonstruieren, die Aufschluss darüber geben, wie Personen den Innovationen gegenüber eingestellt sind (Bitan-Friedlander et al., 2004; Hall und Hord, 2011). Aus diesem Grunde untersuchen wir zunächst, über welche professionsbezogenen Concerns und Einstellungsprofile angehende Chemielehrer/-innen verfügen und wie sich diese im Rahmen der oben skizzierten Lehrveranstaltungsreihe verändern.

Untersuchungsdesign

Für unsere Analysen adaptierten wir einen deutschsprachigen SoC-Fragebogen (IQB, 2007; Pant et al., 2008). Da dieser SoC-Fragebogen jedoch weder auf angehende Lehrer/-innen noch auf IBSE fokussiert, mussten die vorliegenden Items entsprechend modifiziert werden. Um die wissenschaftliche Güte der Skalen auf breiter(er) Basis prüfen zu können, haben wir uns dazu entschlossen, unseren Forschungsfokus nicht nur auf das „Forschende Lernen“ zu richten, sondern außerdem Skalen zu entwickeln, die Einstellungsanalysen bezogen auf „Integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht“ und auf „Sprachsensiblen Fachunterricht“ möglich machen. Alle drei entsprechenden Fragebogenversionen beinhalten – abgesehen vom jeweils unterschiedlichen Fokus – gleichlautende Items. Demzufolge müssen unabhängig von der Fragebogenversion die jeweils gleichen Items die jeweils gleichen SoC-Skalen abbilden. Dies haben wir eingangs mittels Reliabilitätsanalysen an unabhängigen Stichproben geprüft (siehe Tab. 1).

Um professionsbezogene Einstellungsentwicklungen im Zuge der Teilnahme am IBSE-orientierten Ausbildungsmoduls nachzeichnen zu können, haben wir die SoC-Fragebogenversion mit Fokus IBSE unser Interventionsgruppe zu drei Messzeitpunkten (MZP) vorgelegt; nämlich vor der Intervention, während der Intervention (genauer gesagt: nach Abschluss des theoriebezogenen Ausbildungsabschnitts) und nach der Intervention (d.h. nach der praxisbezogenen Erprobung der eigens gemeinsam geplanten Unterrichtssequenzen). Darüber hinaus haben wir entsprechende Daten von einer Vergleichsgruppe erhoben.

Erste Ergebnisse

Die Ergebnisse der Reliabilitätsanalysen zu den drei verschiedenen SoC-Fragebogenversionen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die adaptierten SoC-Skalen für alle drei Versionen zufriedenstellende Kennwerte aufweisen. Für die Analyse von Einstellungen zur Implementierung von IBSE-Unterricht und deren Veränderung im Zuge einer Intervention scheinen die adaptierten Skalen somit (bestens) geeignet.

SoC-Skala	N Items / Skala	Cronbach's α			Total (N=730)
		Forschend-entwickelnder/IBSE Unterricht (N=139)	Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht (N=146)	Sprach-Fach-Unterricht (N=445)	
SoC A	5	.78	.74	.74	.76
SoC B	6	.76	.79	.77	.77
SoC C	6	.77	.79	.77	.78
SoC D	5	.82	.78	.79	.80
SoC E	5	.78	.75	.72	.73
SoC F	5	.77	.75	.78	.77
SoC G	6	.86	.79	.82	.82

Tab. 1: Stages of Concern Skalen und deren Reliabilität [Cronbach's α]

In Abbildung 1 sind die SoC-Profile der Interventionsgruppe (N=16) zum MZP1, MZP2 und MZP3 und das SoC-Profil der IBSE-Vergleichsgruppe (N=123) zum MZP 1 dargestellt.

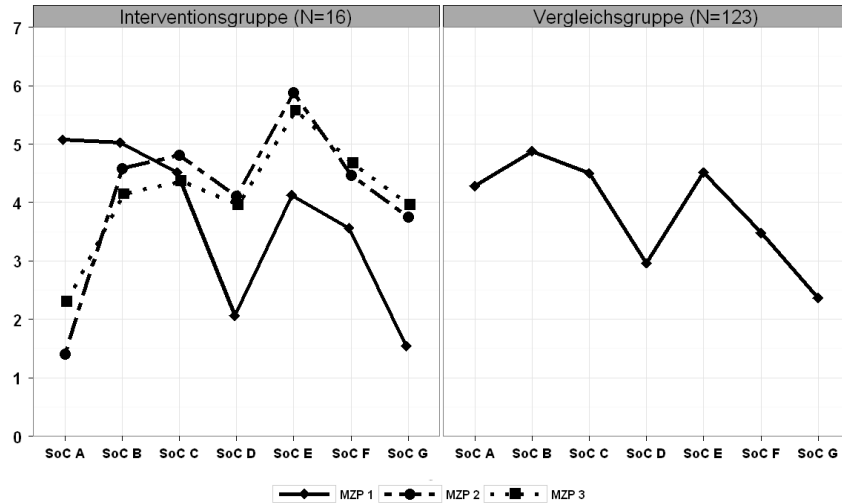


Abb. 1: SoC-Profile der Interventionsgruppe und Vergleichsgruppe;
 SoC A „Bewusstsein“¹, SoC B „Informationsbedürfnis“, SoC C „Persönliche Betroffenheit“, SoC D „Aufgabenmanagement“, SoC E „Auswirkungen auf Lernende“,
 SoC F „Kooperationsbereitschaft“ und SoC G „Optimierung/Revision“

Multi- und univariate Analysen zeigen, dass die SoC-Profile der Vergleichs- und Interventionsgruppe zum MZP 1 (also vor der Interventionsmaßnahme) sich *nicht* statistisch signifikant unterscheiden. Aus diesem Grund konzentrieren wir uns im Folgenden ausschließlich auf die Einstellungsveränderungen in der Interventionsgruppe.

Diskussion und Ausblick

Insgesamt können wir der Interventionsgruppe eine positive Einstellungsentwicklung im Hinblick auf die Implementierung von IBSE-Unterricht bescheinigen, da sowohl zum MZP 2 als auch zum MZP 3 für diese Gruppe das Profil des „Kooperierers“ (Bitan-Friedlander et al., 2004) zu rekonstruieren ist: Den Analysen ist zu entnehmen, dass die Studierenden zum MZP 2 und zum MZP3 ein stärker ausgeprägtes Bewusstsein gegenüber IBSE-Unterricht ausdrücken (SoC A) und aufgabenbezogene Concerns (SoC D) stärker in den Blick nehmen. Des Weiteren können wir in Bezug auf die SoC-Skalen „Auswirkungen auf Lernende“ (SoC E), „Kooperationsbereitschaft“ (SoC F) und „Optimierung/Revision“ (SoC G) Entwicklungen nachzeichnen, die nach Hall und Hord (2011) als positiv zu bewerten sind. Insgesamt ist festzuhalten, dass die Studierenden zum MZP 2 und zum MZP 3 aufgeschlossener gegenüber der Implementierung von IBSE-Unterricht eingestellt sind, als dies zu Beginn des Ausbildungsmoduls der Fall gewesen ist. Folgt man jedoch der ‘Theory of Planned Behavior’ (Ajzen, 1991), so können wir gegenwärtig lediglich von positiven professionsbezogenen Verhaltensintentionen gegenüber der Implementierung IBSE-orientierter Unterrichtsansätze sprechen; denn Einstellung und Verhalten müssen nicht zwingend übereinstimmen – gleichwohl: Je stärker ausgeprägt eine Verhaltensintention ausfällt, desto wahrscheinlicher wird deren Realisierung. In folgenden Studien werden wir daher untersuchen, inwiefern und in welcher Weise die Studierenden IBSE im Zuge ihren Schulpraktika tatsächlich realisieren.

¹ Bitte beachten: Eine hohe Ausprägung auf der SoC-Skala A „Bewusstsein“ bedeutet, dass die Probanden ein geringes Bewusstsein gegenüber IBSE zum Ausdruck bringen.

Claus Bolte¹
 Tuula Keinonen²
 Thomas Mühlenhoff¹
 Kari Sormunen²

¹Freie Universität Berlin
²University of Eastern Finland

PROFILES Unterricht im Urteil von Schülerinnen und Schülern aus Finnland und Deutschland

Einführung

Wie im einleitenden Beitrag bereits dargestellt (siehe Bolte und Streller in diesem Tagungsband), zielen die Bemühungen im PROFILES Projekt mittelbar (also über die Aus- bzw. Fortbildung der (angehenden) Lehrer/-innen) darauf ab, dass die Schülerinnen und Schüler¹, die PROFILES Unterricht erteilt bekommen, von dieser Art Unterricht profitieren. Dies kann selbstverständlich auf verschiedenen Ebenen erfolgen und wäre dementsprechend unterschiedlich zu evaluieren. Um im Rahmen des PROFILES Projekts die international zum Teil durchaus divergierenden unterrichtskonzeptionellen Ansätze auf ihre Wirkungsweisen einschätzen zu können, haben sich die Konsortialpartner darauf verständigt, mindestens ein Verfahren anzuwenden, das Auskunft über den Unterrichtserfolg aus Schüler-Sicht bietet. Die Wahl des PROFILES Konsortium fiel im Zuge der Entscheidung auf die Untersuchung des motivationalen Lernklimas (kurz: MoLe) im PROFILES Unterricht.

Seit mehr als 20 Jahren engagiert sich Bolte unter anderem im Bereich der Lern-Motivationsforschung in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern und dabei insbesondere in der Erforschung des motivationalen Lernklimas in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern (Bolte, 1993a,b,c; 2004a; 2004b; 2012) und der Evaluation außerschulischer naturwissenschaftlicher Bildungsangebote (Streller & Bolte, 2007; 2008; Bolte & Streller, 2007a,b; 2010; Bolte & Kirschenmann, 2010). Dabei geht es ihm und seinen Mitarbeitern zum einen darum, Anregungen für eine auf fachdidaktischer Evidenz basierende Unterrichtspraxis zu eröffnen, zum anderen zielen die Forschungsaktivitäten auf die Konzeption ökonomischer, theoretisch konsistenter und wissenschaftlich fundierter Evaluationsinstrumente, die sowohl gewinnbringend in der fachdidaktischen Forschung eingesetzt werden können, als auch Lehrer motivieren, die erprobten Instrumente zur Prüfung der Qualität des eigenen Unterrichts einzusetzen. Im Laufe der Zeit ist es Bolte und seinen Mitarbeitern gelungen, Befragungsinstrumente zur Analyse des motivationalen Lernklimas im Biologie-, Chemie- und Physikunterricht sowie für das Unterrichtsfach Naturwissenschaften zu erarbeiten, die den oben genannten Ansprüchen entsprechen (Bolte, 1997a,b,c; 2004a,b,c).

Die theoretischen Grundlagen des Befragungsinstruments und wesentliche Ergebnisse seiner empirischen Güte-Prüfungen wurden verschiedentlich und in unterschiedlichen Forschungskontexten, u.a. im Rahmen der GDCP-Jahrestagungen, zur Diskussion gestellt (s.o.). Um Redundanzen zu vermeiden, wird in diesem Beitrag die Struktur des „Instruments zur Analyse des motivationalen Lernklimas“ lediglich in seinen Grundzügen skizziert. Detaillierte Informationen zur theoriebezogenen Begründung der MoLe-Instrumente sind u.a. bei Bolte (1996; 2004a sowie Bolte & Stork, 1996 oder Bolte, Streller & Hofstein, in press) wie auch bei Streller (2009) zu finden.

¹ Im Folgenden wird, um die Lesbarkeit des Textes zu erleichtern, ausschließlich die männlich Form zur Klassifikation von Gruppen (Schüler/-innen oder Lehrer/-innen) verwendet.

Konzeption der Befragungsinstrumente zum motivationalen Lernklima

Bezogen auf die Analyse des motivationalen Lernklimas in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern gibt es vier - einander sehr verwandte – Befragungsinstrumente; vier, weil es der (bundes-)deutschen Unterrichtstradition entspricht, Naturwissenschaften in der Regel ‚fachbezogen‘ und damit den Fächern Biologie, Chemie und Physik entsprechend differenziert zu unterrichten. Da es nunmehr zusehends mehr und mehr Schulentwicklungsprogramme gibt, in denen zumindest in den ersten Schuljahren der Sekundarstufe I die naturwissenschaftlichen Fächer integriert unterrichtet werden (Bolte und Ramseger 2012), wurde zusätzlich ein Instrument adaptiert, das der Unterrichtskonzeption eines „Integrierten Naturwissenschaftlichen Unterrichts“ Rechnung trägt. Jedes unterrichtsfachspezifische Instrument umfasst *drei unterschiedliche Fragebogen-Versionen*:

- die *REAL-Version* fragt nach der Ausprägung der Merkmale im Unterricht überhaupt,
- die *TGL-Version* fragt nach der Ausprägung in der vergangenen Unterrichtsstunde und
- die *IDEAL-Version* fragt nach der wünschenswerten Ausprägung.

Besonders erkenntnisbereichernd hat sich in zurückliegenden Untersuchungen die Kombination von REAL- und IDEAL-Befragungen und die Berechnung von Wunsch-Wirklichkeits-Differenzen (IDEAL- minus REAL-Wert) erwiesen.

Jede Fragebogen-Version zielt auf die gleichen sieben Lernklima-Dimensionen ab, zu nennen sind: (1) Zufriedenheit, (2) Verständlichkeit, (3) Fachbezug (fachbezogene Inhalte allgemeinerer Art), (4) Relevanz der Themen, (5) Partizipationsmöglichkeiten, (6) Mitarbeit der Klasse und (7) Partizipationsbereitschaft.

Die je sieben Lernklima-Dimensionen der jeweils verschiedenen Fragebogen-Versionen eines fachspezifischen Instruments werden durch lediglich zwei Items pro Dimension (Skala) reliabel und valide erfasst werden (Bolte, 2004). Die Items der MoLe-Skalen sind bipolar formuliert und sind mittels einer sieben-stufigen Rating-Skala einzuschätzen. Der Code „1“ spiegelt ein normativ nicht-erwünschtes Urteil wider, während „7“ die bestmögliche Einschätzung zum Ausdruck bringt; der Wert „4“ drückt ein „weder-noch-Urteil“ bezogen auf die Extreme aus und entspricht dem „theoretischen Mittelwert“ dieser 7-stufigen Item-Skalierung.

Da die PROFILES Arbeitsgruppe der University of Eastern Finland (UEF) und die der Freien Universität Berlin (FUB) zum Zeitpunkt der GDCP-Jahrestagung 2012 bereits Daten erhoben und analysiert hatten, und sich Tuula Keinonen von der UEF bereit erklärt hatte, ihre Ergebnisse auf der GDCP Jahrestagung zu präsentieren, werden wir uns im Folgenden auf diese Ergebnisse dieser beiden PROFILES-Standorte beschränken.

Fragestellung und Forschungsintention

Im Folgenden gehen wir zunächst der Frage nach, ob die deutschsprachigen MoLe-Instrumente für internationale vergleichende Studien adaptierbar und überhaupt von Nutzen sind; dabei beschränken wir uns hier auf die Analyse der Reliabilitätskoeffizienten der jeweiligen MoLe-Skalen. Anschließend werden wir einen ersten vergleichenden Blick auf die Beurteilung des motivationalen Lernklimas vornehmen, wobei wir uns auf die Analyse der Wunschvorstellungen der Schüler und auf die Beurteilung des „konventionellen“ Unterrichts in Deutschland und Finnland durch die beteiligten Schüler der Sekundarstufe I beschränken. Dabei werden wir auch einen ersten vergleichenden Blick der Schüler-Urteile bzgl. konventionellen und PROFILES-typischen Unterricht werfen.

Stichprobe

Die hier ausgewählten Datenanalysen stammen aus der Befragung von Schülern der Sekundarstufe I. Während die PROFILES Arbeitsgruppe der UEF Schüler im pre-post-Design (also unmittelbar vor und nach erteiltem PROFILES Unterricht) befragte, wählte die PROFILES AG der FUB ein Interventions-Kontrollgruppen-Design, um PROFILES basierten und konventionell geprägten Unterricht zu vergleichen. Die Stichprobe der UEF besteht aus 802 Schülern; die Stichprobe der FUB umfasst 648 Schüler in der Kontrollgruppe und 87 in der PROFILES-Interventionsgruppe.

Ergebnisse

Da die *wissenschaftliche Güteprüfung* der deutschsprachigen ‚MoLe-Fragebogen-Versionen‘ bereits verschiedentlich diskutiert wurde (FUB-IDEAL: Cronbachs α : 0,60 – 0,78 / FUB-REAL: Cronbachs α : 0,59 – 0,82), ergänzen wir diese Befunde hier um die Ergebnisse der Reliabilitätsanalysen aus den finnischen IDEAL- und REAL-Befragungen (UEF-IDEAL: Cronbachs α : 0,66 – 0,85 / UEF-REAL: Cronbachs α : 0,58 – 0,91). Die Analysen verdeutlichen, dass auch die finnischen MoLe-Instrumente den Gütekriterien der Objektivität, Reliabilität und (Konstrukt-)Validität genügen. Somit scheinen die MoLe-Instrumente auch in international angelegten Studien ökonomisch und gewinnbringend einsetzbar.

Konventioneller naturwissenschaftlicher Unterricht wird von den Schülern in Finnland und Deutschland insgesamt positiv eingeschätzt (*REAL-Befragung*). Der Vergleich der finnischen Befunde mit denen aus Deutschland macht deutlich, dass es in der Rangfolge der Dimensionen keine relevanten Unterschiede aufzuzeigen sind. Schüler beider Länder messen in der *IDEAL-Befragung* der Zufriedenheit und den Partizipationsmöglichkeiten die höchste Wichtigkeit bei; dem Fachbezug und der Relevanz hingegen die niedrigste. Allerdings zeigt sich in den absoluten Werten ein interessanter Unterschied: Schüler aus Deutschland bewerten die Partizipationsmöglichkeiten wichtiger als Schüler aus Finnland ($p < 0,01$, $\epsilon_{UEF}^2 = 0,5$) – bei der Partizipationsbereitschaft zeigt sich ein Unterschied in der entgegengesetzten Richtung ($p < 0,01$, $\epsilon_{FUB} = -0,3$). Wirft man einen Blick auf die Ergebnisse der finnischen *pre-post-* bzw. auf die der deutschen *Interventions-Kontrollgruppen-Vergleiche*, so erkennt man, dass PROFILES-Unterricht von den deutschen und den finnischen Schülern deutlich besser beurteilt wird als konventioneller naturwissenschaftlicher Unterricht. Es zeigen sich in beiden Gruppen statistisch signifikante Verbesserungen (alle $p > 0,01$) bzgl. der Skalen Zufriedenheit ($\epsilon_{FUB} = 0,4$, $\epsilon_{UEF}^3 = 0,5$), Verständnis ($\epsilon_{FUB} = 0,6$, $\epsilon_{UEF} = 0,2$), Relevanz ($\epsilon_{FUB} = 1,1$, $\epsilon_{UEF} = 0,3$) und Mitarbeit der Klasse ($\epsilon_{FUB} = 0,6$, $\epsilon_{UEF} = 0,3$). Außerdem konnte durch PROFILES-Unterricht die Überbetonung der fachwissenschaftlichen Orientierung in beiden Ländern deutlich reduziert werden ($\epsilon_{FUB} = 0,5$, $\epsilon_{UEF} = 0,6$; $p < 0,01$).

Literatur

Bolte/Bolte u.a. siehe: <http://userpage.chemie.fu-berlin.de/~fachdid/site/index.php?idcatside=6>

Bortz, J. (2005). Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Heidelberg: Springer

Streller, S. (2009). Förderung von Interessen an Naturwissenschaften. Eine empirische Untersuchung zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Interessen von Grundschulkindern im Rahmen eines außerschulischen Lernangebots. Frankfurt a. M.: Peter Lang

² Effektgröße ϵ für unabhängige Stichproben; ϵ = Mittelwertsdifferenz / gepoolte Standardabweichung (siehe Bortz, 2005)

³ Bei pre-post Vergleich der finnischen Stichprobe wird die Effektgröße ϵ für abhängige Stichproben angegeben; $\epsilon = \sqrt{2} * \frac{\text{Mittelwertsdifferenz}}{\text{Standardabweichung der Differenz}}$; klassische Interpretation beider Effektgrößen: 0,2: schwacher Effekt, 0,5: mittlerer Effekt, 0,8: großer Effekt (siehe Bortz, 2005)

Kompetenzentwicklung im Fachwissen Chemie in der Sekundarstufe I

Theoretischer Hintergrund

Die aktuellen Bildungsstandards formulieren Kompetenzanforderungen, über die Schülerinnen und Schüler bei Erreichen des Mittleren Schulabschlusses verfügen sollen, und stellen dabei einen Kompromiss zwischen fachlicher Systematik, den Lernvoraussetzungen und Entwicklungsbedürfnissen der Lernenden dar (Klieme et al., 2007). Die Rolle der Lehrkraft besteht darin, „den Aufbau von Wissenskonstruktionen bei den Schülern zu initiieren, zu unterstützen und zu begleiten, indem sie Lerngelegenheiten in strukturierter und dem Vorwissen der Schüler angemessener Form bereitstellt“ (Gruehn, 2000). Wie sich aber fachliche Kompetenzen im Verlauf des Chemieunterrichts in der Sekundarstufe I entwickeln und was entsprechend eine „dem Vorwissen der Schüler angemessene Form“ ist, ist empirisch bisher ungeklärt (vgl. Schecker & Parchmann, 2006).

Bernholt et al. (2009) und Claesgens et al. (2008) gehen von hierarchisch geordneten Netzwerkstrukturen aus, in denen sich Kompetenzerwerb im Verlauf des Chemieunterrichts durch einen steigenden Vernetzungsgrad inhaltspezifischer Elemente vollzieht. Es wird „angenommen, dass mit ansteigenden Stufen zum einen die Anzahl der Verknüpfungen von Inhaltselementen, aber insbesondere auch die Qualität der Verknüpfungen ansteigt“ (Bernholt et al., 2009). Ausgehend von den Ergebnissen von Liu und Lesniak (2005) kann darüber hinaus eine Progression des Fachwissens von einer makroskopischen zu einer submikroskopischen Erklärungsbasis chemiespezifischer Phänomene angenommen werden. Um Entwicklungsverläufe im Kompetenzerwerb im Fach Chemie über den Lauf der Sekundarstufe I in konkreten Inhalten erheben zu können, werden längsschnittgeeignete Testaufgaben benötigt, die den chemiespezifischen Kompetenzerwerb im Bereich Fachwissen valide erfassen können. Auf der Grundlage eines dreidimensionalen Kompetenzmodells wurde ein Testinstrument für eine Längsschnittstudie entwickelt, das im Verlauf des Schuljahres 2011/2012 zu drei Erhebungszeitpunkten eingesetzt wurde. Die Studie ist in das Projekt „*Ganz In – Mit Ganzttag mehr Zukunft*“ eingebettet.

Instrumente

Die Grundlage der Aufgabenentwicklung bildet ein aus dem Projekt „Evaluation der Standards in den Fächern Biologie, Chemie und Physik für die Sekundarstufe I (ESNaS)“ (Walpuski et al., 2010) abgeleitetes Kompetenzmodell (Abb. 1). Das vorgeschlagene Kompetenzmodell umfasst die drei Dimensionen Komplexität, Inhalt und Repräsentationsebene.

Das Kompetenzmodell

Kognitiver Prozess ‚Anwenden‘: Ausgehend von den Forschungsergebnissen von Kauertz (2007) wird angenommen, dass kognitive Prozesse schwierigkeitsbestimmende Merkmale bei der Beantwortung von Testaufgaben darstellen. Ergebnisse von Ropohl (2010) weisen darauf hin, dass sich die kognitiven Prozesse Organisieren und Integrieren, wie sie im ESNaS-Projekt angenommen werden, nicht empirisch trennen lassen. Daher werden in dieser Studie die kognitiven Prozesse Organisieren und Integrieren unter dem kognitiven Prozess *Anwenden* zusammengefasst.

Dimension Komplexität: Einen weiteren schwierigkeitsbestimmenden Faktor bei der Bearbeitung von Testaufgaben stellt die Dimension *Komplexität* dar (Bernholt, 2010, Kauertz, 2007). Basierend auf Forschungsergebnissen von Ropohl (2010) werden die fünf Komplexitätsniveaus des ESNaS-Modells auf drei Komplexitätsstufen reduziert (Fakten, Zusammenhänge und Konzept).

Dimension Inhalt: Aus den Forschungsergebnissen zum Aufbau von Expertenwissen geht hervor, dass Experten über eine breite und vernetzte Wissensbasis verfügen. Dabei ist davon auszugehen, dass sich der Aufbau dieser breiten Wissensbasis domänenspezifisch vollzieht (Hofer et al., 2006). Daher umfasst die Dimension *Inhalt* drei, die Sekundarstufe I umfassende Themenfelder: Gemische/Lösungen, Säuren/Basen und Redoxreaktionen.

Die **Dimension Repräsentationsebene** stellt eine chemiespezifische Achse des Kompetenzmodells dar. Mithilfe dieser Dimension soll beschrieben werden, wie sich die Fähigkeit, chemische Sachverhalte zunehmend auf dem Teilchenniveau zu beschreiben, mit steigender Kompetenz verändert. Untersuchungsergebnisse zum Verständnis chemischer Fachinhalte weisen darauf hin, dass es Schülerrinnen und Schülern signifikant schwerer fällt, chemiespezifische Sachverhalte auf dem Teilchenniveau zu beschreiben (vgl. Todtenhaupt & Sumfleth, 1994; Ropohl, 2010).

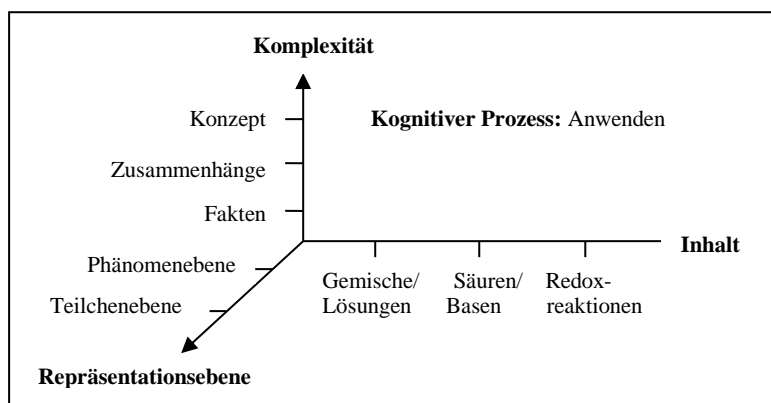


Abb. 1: Kompetenzmodell zur Aufgabenkonstruktion

Studiendesign

Auf der Basis des dreidimensionalen Kompetenzmodells wurden insgesamt 221 Multiple-Choice Single-Select-Aufgaben zu den drei Inhaltsbereichen entwickelt. Die Aufgaben wurden im Multi-Matrix Design auf insgesamt 18 Testhefte verteilt und am Anfang, in der Mitte und am Ende des Schuljahres 2011/2012 in einem Quasilängsschnitt auf ihre Anwendbarkeit im Längsschnitt überprüft. Die Stichprobe betrug zum ersten Messzeitpunkt (MZP) 1101 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 7, 8 und 9 von neun nordrhein-westfälischen Gymnasien. Im zweiten und dritten MZP reduzierte sich die Stichprobe auf 961 bzw. 851 Schülerinnen und Schüler.

Erste Ergebnisse

Die Aufgaben wurden mit Hilfe Rasch-analytischer Verfahren ausgewertet. Um zu beurteilen, ob die Aufgaben die Kriterien eines eindimensionalen Rasch Modells erfüllen, wurden zunächst die Fit-Statistiken jeder Aufgabe überprüft. Alle Aufgaben zeigten einen zufriedenstellenden Fit in den allgemein gültigen Grenzen ($.8 < \text{MNSQ} < 1.2$ bzw. $T < 2.0$). Ergebnisse des ersten MZP belegen einen signifikanten Einfluss der Jahrgangsstufe auf das Fachwissen in der Sekundarstufe I ($F(2,1077) = 96; p < 0.001; \eta_p^2 = .15$). Des Weiteren

steigen die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler sowohl beim Lösen von Aufgaben auf dem Teilchenniveau ($F(2,1100) = 39$; $p < 0.001$; $\eta_p^2 = .067$) als auch bei der Lösung phänomenbasierter Aufgaben höchst signifikant ($F(2,1100) = 66$; $p < 0.001$; $\eta_p^2 = .108$). Die Analysen der Aufgabenschwierigkeiten belegen, dass Aufgaben zum Inhaltsbereich Säuren und Basen in allen drei Jahrgangsstufen (Jgst.) am schwierigsten zu lösen sind. Analog zum ersten MZP zeigt sich dieses Ergebnis für die Jgst. 7 und 8 auch im zweiten MZP, während für die Schülerinnen und Schüler der Jgst. 9 Aufgaben zum Themenbereich Redoxreaktionen am schwierigsten zu lösen sind. Bei einem Vergleich der Ergebnisse des ersten und zweiten MZP über die einzelnen Inhaltsbereiche hinweg zeigt sich im Inhaltsbereich Gemische und Lösungen ein hoch signifikanter Anstieg der Personenfähigkeit in der Jgst. 7 ($F(1, 699) = 28.55$; $p < .001$). Mit dem Ende des expliziten Unterrichts im Inhaltsbereich Gemische und Lösungen stagniert die Entwicklung dieser Personenfähigkeit erwartungsgemäß in den Jahrgangsstufen 8 und 9. Dagegen nimmt die die Fähigkeit, Aufgaben im Inhaltsbereich Säuren und Basen zu lösen, vom ersten zum zweiten MZP in allen drei Jahrgangsstufen zu. In den Jahrgangsstufen 8 ($F(1, 688) = 6.52$; $p = .011$) und 9 ($F(1, 656) = 4.22$; $p = .04$) sind die Ergebnisse signifikant. Im Inhaltsbereich Redoxreaktionen lässt sich erwartungskonform ein signifikanter Kompetenzzuwachs in der Jahrgangsstufe 8 feststellen ($F(1, 689) = 5.79$; $p = .016$), während sich die Fähigkeit Aufgaben zum Inhaltsbereich Redoxreaktionen zu lösen in den Jahrgangsstufen 7 und 9 nicht weiter verändert.

Literaturverzeichnis

- Bernholt, S. (2010). Kompetenzmodellierung in der Chemie – Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität. Berlin: Logos Verlag
- Bernholt, S., Walpuski, M., Parchmann, I., & Sumfleth, E. (2009). Kompetenzentwicklung im Chemieunterricht. Mit welchen Modellen lassen sich Kompetenzen und Aufgaben differenzieren? *Unterricht Chemie*, 20, 78-85
- Claesgens, J., Scalise, K., Wilson, M., & Stacy, A. (2008). Mapping Students' Understanding in Chemistry: The Perspectives of Chemists. *Science Education*, 9 (1), 56-85
- Gruehn, S. (2000). Unterricht und schulisches Lernen. In D. H. Rost (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie* (S. 27). Münster: Waxmann
- Hofer, M., Pekrun, M., & Wild, E. (2006). Psychologie des Lernens. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (5. Auflage, 212-238). Weinheim: Beltz
- Kauertz, A. (2007). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungsaufgaben. Berlin: Logos Verlag
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M. et al. (2007). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards – Expertise. *Bildungsforschung* (Bd. 1). Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
- Liu, X., & Lesniak K. (2005). Progression in Children's Understanding of the Matter Concept from Elementary to High School. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (3), 320-347
- Ropohl, M. (2010). Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktionen. Entwicklung und Analyse von Testaufgaben. Berlin: Logos Verlag
- Schecker, H., & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 45-66
- Sumfleth, E., & Geisler, A. (2001). Entwicklung von Schülervorstellungen im Laufe der Schulzeit am Beispiel der Säure-Base-Thematik. *Chimica Didactica*, 27, 122-157
- Todtenhaupt, S. & Sumfleth, E. (1994). Redox-Prozesse zur Entwicklung des Verständnisses von Schülern im Laufe der Schulzeit. *CHEMKON*, 3, 126-133
- Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Wellnitz, N. (2010). ESNaS - Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. In A. Gehrman, U. Henricks & M. Lüders (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle. Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht* (S. 171–184). Bad Heilbrunn: Klinkhardt

Validierung eines Kompetenzmodells für Physik in der Sekundarstufe II

Einleitung

Sowohl die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss als auch die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung arbeiten mit einer empirisch nicht abgesicherten Vorstellung von Kompetenz. Im Hinblick auf die Weiterentwicklung von Bildungsstandards und der Überprüfung ihrer Erreichung bzw. Erreichbarkeit empfehlen Klieme et al. (2003) eine Kompetenzmodellierung durch empirisch abgesicherte Kompetenzstufen, auf deren Grundlage Standards festgelegt werden können. Für das Fach Physik in der Sekundarstufe II liegt ein solches Kompetenzmodell zurzeit nicht vor. Ein dringender Forschungsbedarf ergibt sich vor dem Hintergrund der geplanten Entwicklung von abiturbezogenen Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer. Um eine zur Sekundarstufe I anschließfähige Konzeption (Klieme et al., 2003) zu entwickeln, wurde in dem hier vorgestellten Projekt das zur Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I (ESNaS) eingesetzte Kompetenzmodell (Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth & Walpuski, 2010) für das Fach Physik in der Sekundarstufe II ausdifferenziert und validiert.

Kompetenzstrukturmodell für das Fach Physik in der Sekundarstufe II

Das für die Sekundarstufe II entwickelte Kompetenzmodell adaptiert deshalb die für die Sekundarstufe II relevanten Merkmale der Dimensionen *Komplexität* und *Kognitive Prozesse des ESNaS-Modells*. Für die Modellentwicklung und die Auswahl einzelner Zellen sei auf den Beitrag im letzten Tagungsband verwiesen (Schoppmeier, Borowski & Fischer, 2012). Anknüpfend an die Befunde von Kauertz (2008) soll geprüft werden, ob die Dimension der *Komplexität* auch in der Sekundarstufe II ein schwierigkeiterzeugendes Merkmal darstellt. Für die in der Sekundarstufe II relevanten *Kognitiven Prozesse* „Organisieren“ und „Integrieren“ ist zu erwarten, dass sie keinen signifikanten Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit haben. In der Sekundarstufe I war eine statistische Trennung nur zu den unteren *Kognitiven Prozessen* „Reproduzieren“ und „Selektieren“ möglich (Neumann, 2011). Zur Untersuchung des Einflusses der Mathematisierung von Sachverhalten, einer wesentlichen Anforderung des Physikunterrichts in der gymnasialen Oberstufe (KMK, 2004), wurde das Modell um die Dimension der *Mathematisierung* erweitert. Es wird zwischen Anforderung *mit* und *ohne Mathematisierung* unterschieden, wobei die Anforderungen *mit Mathematisierung* auf einen qualitativen Umgang mit der Mathematik in der Physik zielen. Die verwendete Kompetenzstruktur (Abb.1) wurde zunächst für den *Kompetenzbereich* „Umgang mit Fachwissen“ und die Leitidee *Energie* operationalisiert. Es ergeben sich die folgenden Forschungsfragen und Hypothesen:

FF1: Ist die angenommene Kompetenzstruktur gültig?

- **H1:** Die *Komplexität* beeinflusst die Aufgabenschwierigkeit. Die Aufgabenschwierigkeit nimmt mit steigender *Komplexität* zu.
- **H2:** Die *Kognitiven Prozesse* „Organisieren“ und „Integrieren“ beeinflussen die Aufgabenschwierigkeit nicht.
- **H3:** Die *Mathematisierung* beeinflusst die Aufgabenschwierigkeit. Aufgaben *ohne Mathematisierung* sind leichter als Aufgaben *mit Mathematisierung*.

FF2: Beschreibt das Modell physikalische Kompetenz?

- **H4:** Das Modell lässt sich konvergent und diskriminanzvalidieren.

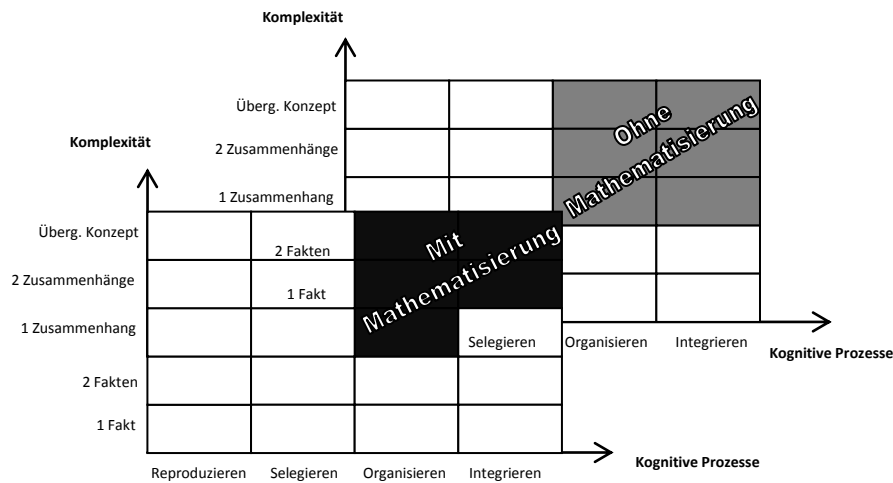


Abb. 1: Kompetenzstruktur für das Fach Physik in der Sekundarstufe II

Methode & Design

Das Kompetenzmodell wurde mit 66 Aufgaben (sechs Aufgaben pro Zelle) operationalisiert, die im Multi-Matrix-Design über sechs Testhefte á 22 Aufgaben verteilt und zwei bis vier Monate vor der Abiturprüfung in Leistungs- und Grundkursen der Jahrgangsstufe 13 eingesetzt wurden. Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Rasch Modell. Teilgenommen haben Leistungskurschüler aus Nordrhein-Westfalen (N=243) und Rheinland-Pfalz (N=263) sowie Grundkurschüler (N=162) aus Nordrhein-Westfalen. Bei den Leistungskurstichproben liegen jeweils ca. 80 Antworten pro Aufgabe vor, im Grundkurs sind es 54 Antworten pro Aufgabe. Eine Substichprobe (N=92) der Leistungskurschüler hat 18 Aufgaben aus TIMSS/III sowie einen Kognitiven Fähigkeitstest bearbeitet. Die eingesetzten TIMSS/III Aufgaben wurden nach Schwierigkeitsquartilen randomisiert ausgewählt.

Ergebnisse

Die Raschskalierung erfolgte entlang eines Modellpassungsbereichs von $.7 < \text{MNSQ} < 1.3$. Abweichungen der Outfitwerte haben zu einer Löschung von 11 Items geführt. Die Itemreliabilität liegt in den einzelnen Stichproben zwischen $.956$ und $.977$, die Personenreliabilität zwischen $.588$ und $.688$. Abb. 2 zeigt den Einfluss der Komplexität auf die Aufgabenschwierigkeit für die Leistungs- und Grundkurstichprobe aus Nordrhein-Westfalen.

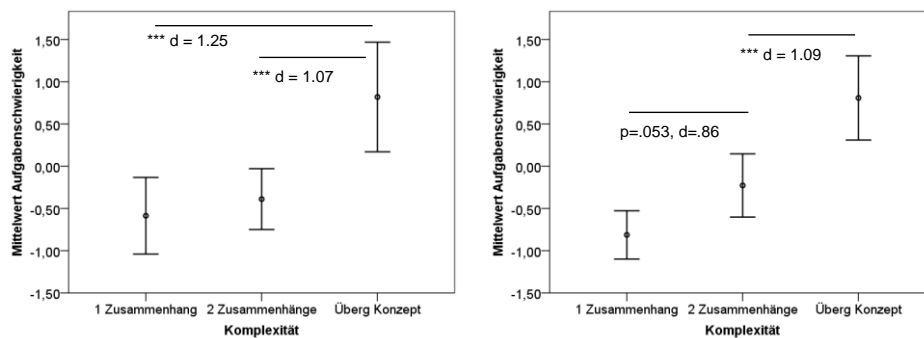


Abb. 2: Gemittelte Aufgabenschwierigkeit bezogen auf die Komplexität mit 95%-Konfidenzintervall für Leistungskurse (links) und Grundkurse (rechts)

In allen Stichproben findet sich ein signifikanter Einfluss der *Komplexität* auf die Aufgabenschwierigkeit ($p < .001$). Während sich bei den Leistungskurstichproben aus Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz nur das Komplexitätsmerkmal *Übergeordnetes Konzept* von den anderen Komplexitätsmerkmalen statistisch trennen lässt, zeigt sich in der Grundkurstichprobe zusätzlich die Tendenz eines signifikanten Unterschiedes zwischen den Komplexitätsmerkmalen „1 Zusammenhang“ und „2 Zusammenhänge“.

Sowohl die *Kognitiven Prozesse* als auch die Unterscheidung zwischen Anforderungen *mit* und *ohne Mathematisierung* zeigten keinen signifikanten Effekt auf die Aufgabenschwierigkeit. Das entwickelte Kompetenzmodell lässt sich konvergent und diskriminant validieren: Die Leistung im Kompetenztest korreliert signifikant höher zu einzelnen Teilaspekten der Physikkompetenz als zur Deutschnote. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die einzelnen Korrelationen.

	Leistung im Kompetenztest
Leistung im TIMSS-Test	.902**
Note der Abiturklausur	.767**
Physiknote 13/1	.713**
Mathematiknote 13/1	.551**
KFT	.472**
Deutschnote	.393**

* $p < .05$, ** $p < .01$

Tab. 1: Korrelation der Leistung im Kompetenztest mit schulleistungsbezogenen Variablen

Zusammenfassung

Bezogen auf den *Kompetenzbereich* „Umgang mit Fachwissen“ erweist sich die Dimension der *Komplexität* auch in der gymnasialen Oberstufe als ein schwierigkeitserzeugendes Merkmal. Im Hinblick auf die Entwicklung von Bildungsstandards sollte überprüft werden, inwieweit die Dimension der *Komplexität* auch in anderen *Kompetenzbereichen* und *Leitideen* ein strukturierendes Merkmal darstellt.

Die konvergente und diskriminante Validierung liefert Hinweise auf die externe Konstruktvalidität. Dabei fällt auf, dass die Leistung im Kompetenztest signifikant niedriger mit der Mathematiknote korreliert als mit der Physiknote. Diese Eigenschaft kann vor dem Hintergrund des hier gewählten Ansatzes eines qualitativen Umgangs mit der Mathematik in der Physik, der mathematikbezogene Routinetätigkeiten ausklammert, sowie der systematischen Unterscheidung zwischen Anforderung *mit* und *ohne Mathematisierung* interpretiert werden.

Literatur

- Kauertz, A. (2008). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studium zum Physik- und Chemielernen, Band 79. Berlin: Logos
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (16), 135-153
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., et al. (2003). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards - Expertise. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Referat Öffentlichkeitsarbeit
- Neumann, I. (2011). Beyond Physics Content Knowledge. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studium zum Physik- und Chemielernen, Band 117. Berlin: Logos
- Schoppmeier, F., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2012). Entwicklung eines Kompetenzmodells für die Sekundarstufe II. In S. Bernholt (Hrsg.). Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. 260-262. Berlin: Lit
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik

Das Verständnis in der Elektrizitätslehre überprüfen

Theoretischer Hintergrund

Zum Erfassen des Verständnisses in der E-Lehre wurden bisher verschiedene Instrumente eingesetzt, die von einfachen Multiple-Choice-Aufgaben (Engelhardt & Beichner, 2004; v. Rhöneck, 1986) und dem dreistufigen SEC DT (Peşman and Eryılmaz, 2010) über offene Antwortformen (University of York/EPSE Project) bis zu aufwändigen Lernprozessstudien reichen (Niedderer & Goldberg, 1995). Der Rhöneck-Test stellt das wohl am meisten zitierte Instrument zur Erhebung von Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre dar und ist auch sehr gut für qualitative Forschung geeignet. Bei der Entwicklung des dreistufigen SEC DT wurde besonderes Augenmerk auf die dritte Stufe gelegt, wo die Testpersonen ihre Einschätzungen angeben, wie sicher sie bei der Beantwortung der Aufgaben waren. Aufgrund der niedrigen Reliabilität schlagen aber die Autoren selbst eine Weiterentwicklung des Instruments vor. Da beim einstufig konzipierten DIRECT (Engelhardt & Beichner, 2004) der Fokus auf der fachlich richtigen oder falschen Beantwortung der Aufgaben liegt, kann trotz guter Testgütekriterien nicht sichergestellt werden, dass Schülervorstellungen eindeutig identifiziert werden können.

Die Ausführungen zu vorhandenen Testinstrumenten zeigen, dass, obwohl zweistufige Items zur Erfassung von Schülervorstellungen nichts Neues sind (Treagust, 1988; Williams, 2006), bisher kein Instrument zur Erhebung des Verständnisses der elementaren Elektrizitätslehre für die Schulstufe 7 vorliegt, das gleichzeitig auch psychometrische Kriterien erfüllt und für eine große Zahl von Testpersonen einsetzbar ist. Während sich direkte Interviews von Schülerinnen und Schülern sehr gut eignen, um ein tiefgehendes Bild der vorhandenen Vorstellungen zu bekommen und vielleicht sogar in der Literatur noch nicht beschriebene Konzepte zu finden, sind die daraus gewonnenen Erkenntnisse schwer zu verallgemeinern und die Auswertung ist sehr zeitintensiv. Um Vorstellungen von einer großen Anzahl an Schülerinnen und Schülern erfassen zu können, bilden Multiple-Choice-Aufgaben eine geeignete Alternative.

Forschungsfragen

Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse aus einem Forschungsprojekt zur Entwicklung eines solchen Instruments mit zweistufigen Items vorgestellt, das durch eine Stufung der Items eine viel genauere Aufschlüsselung der bekannten Lernschwierigkeiten in der einfachen Elektrizitätslehre als bisher erlaubt. Es wird der Frage nachgegangen, ob sich mit Hilfe der verwendeten Items einerseits geeignete Skalen zur Abbildung bekannter Schülervorstellungen finden lassen und andererseits welche Zusammenhänge es zwischen den verschiedenen Charakteristika der Vorstellungen zum elektrischen Strom gibt. Dazu wurden die folgenden Forschungsfragen formuliert:

- Lassen sich aus den mit Hilfe der zweistufigen Items berechneten Antwortkombinationen Skalen bilden, die direkt den spezifischen Schülervorstellungen zu Basiskonzepten in der Elektrizitätslehre zugeordnet werden können und damit einen direkten Rückschluss auf die Häufigkeit unterschiedlicher Schülervorstellungen erlauben?
- Lassen sich Zusammenhänge zwischen den einzelnen Konstrukten zur Abbildung von Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre identifizieren?

Methodische Vorgangsweise

„Multiple choice tests coupled with psychometric tools can become powerful windows into children's ideas in science“ (Sadler, 1998, S. 289). Auf dieses Ziel hin wurden, ausgehend von der Überlegung, qualitatives Wissen über Schülervorstellungen mit quantitativen, psychometrisch validierten Tests zu verbinden und auf existierenden Testinstrumenten aufzubauen, 30 Items, davon 11 zweistufige, zur Abbildung von aus der Literatur bekannten Schülervorstellungen entwickelt. Das Testinstrument wurde nach einer Expertenvalidierung und Präpilottierung von 225 Schülerinnen und 197 Schülern (Mittleres Alter: 15,1 Jahre, Standardabweichung: 1,9 Jahre) aus vier Schulformen auf fünf Schulstufen österreichischer Schulen online bearbeitet. Nach der Durchführung erster Itemanalysen (Itemschwierigkeit, Itemstreuung, Trennschärfe) wurden mit Hilfe von ausgewählten Antwortkombinationen und durch Zusammenführung mehrerer noch einstufiger Items neue Variablen zur Abbildung von Schülervorstellungen definiert. Im nächsten Schritt wurden mit SPSS AMOS 17.0, einem Anwendungsprogramm zur Berechnung von konfirmatorischen Faktorenanalysen (Bühner, 2006) und Strukturgleichungsmodellen, ausgewählte theoretische Konstrukte und Modelle auf ihre Passung mit den vorliegenden empirisch erhobenen Daten untersucht.

Das Hauptaugenmerk in diesem Artikel liegt auf den konfirmatorischen Faktorenanalysen und damit auf der Untersuchung der Passung zwischen den erhobenen Daten und denen auf theoretischen Überlegungen basierenden Modellen. Es sollen damit sowohl so genannte „latente Variablen“ (= Schülervorstellungen) erfasst als auch die Indikatorvariablen (Items) „kausal“ auf diese zurückgeführt werden. Mit einem Modelltest wird dabei die Nullhypothese geprüft, ob die auf Basis fachdidaktischer Erkenntnisse spezifizierten Modelle den beobachteten Korrelationen und Kovarianzen in der Stichprobe entsprechen. In einem weiteren Schritt werden mit Hilfe eines Strukturgleichungsmodells Beziehungen zwischen den latenten Variablen überprüft.

Ausgewählte Ergebnisse

In Abbildung 1 ist ein einfaktorielles Modell mit einer latenten Variablen (Strom wird verbraucht) und fünf beobachteten Variablen SV1 bis SV5 spezifiziert, das mit AMOS auf Eindimensionalität mit der Maximum-Likelihood-Methode getestet wird. Es ergibt sich ein χ^2 -Wert von 4,543. Dieser ist nicht signifikant ($p = 0,337$). Damit wird die Nullhypothese angenommen: Das Modell passt auf die Daten. Die Faktorladungen, die bei den Pfeilen angegeben sind, bewegen sich zwischen 0,62 und 0,77 und geben Auskunft darüber, wie stark die Indikatorvariablen, die aus spezifischen Antwortkombinationen resultieren, mit der latenten Variablen korrelieren. Die quadrierten Faktorladungen geben Auskunft darüber, welcher Varianzanteil der manifesten Variable durch die latente Variable erklärt werden kann. So erklärt das Konstrukt „Strom wird verbraucht“ 59% der Varianzen der Variablen SV1 und SV2, d.h. 41% der Varianzen dieser beiden Variablen sind auf Messfehler und eventuell noch nicht berücksichtigte Variableneffekte zurückzuführen.

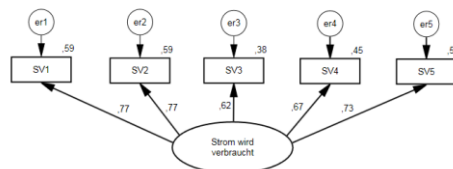


Abb. 1: Messmodell für das Konstrukt „Stromverbrauch“

Das Strukturmodell in Abbildung 2 bildet die theoretisch vermuteten Zusammenhänge zwischen sechs latenten Variablen, die auf Basis von Messmodellen spezifiziert wurden, ab. Alle Pfadkoeffizienten sind zumindest auf dem Niveau $p < 0,05$ signifikant, drei sogar mit p

< 0,001 hochsignifikant. Die Modellstruktur passt sehr gut mit dem empirischen Datensatz zusammen: $\chi^2 = 274,2$; DF = 246; $p = 0,105$, $\chi^2/DF = 1,11$; CFI = 0,995; RMSEA = 0,016.

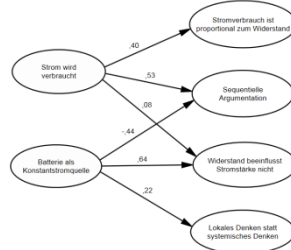


Abb. 2: Strukturmodell mit sechs verschiedenen Konstrukten

Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem Instrument konnten Zusammenhänge zum konzeptionellen Verständnis ausgewählter Basiskonzepte abgebildet und die in der Literatur beschriebenen Vorstellungen von Schülern/innen gut repliziert werden. Dies trägt zu unserer Einschätzung bei, dass die verwendeten Skalen in guter Übereinstimmung zur bisherigen, umfangreichen Forschung zu Schülervorstellungen stehen und das Instrument anstelle von Interviews für die Evaluation von Elektrizitätslehre-Unterricht in der Schulpraxis eingesetzt werden kann, gleichzeitig aber psychometrisch so ausgereift ist, dass es auch für die empirische fachdidaktische Forschung verwendbar ist. Die Studie weist allerdings auch Limitationen auf: Bei der Analyse der Lösungshäufigkeit hat sich nämlich nicht gezeigt, dass höhere Schulstufen, wie man es erwarten würde, tendenziell besser im Test abschneiden als niedrigere. Das könnte nach unserer Einschätzung einerseits mit der Testschwierigkeit zusammenhängen, die für die Gesamtstichprobe vielleicht zu hoch ist. Andererseits könnten auch die Administrierung des Instruments und die dadurch nicht weiter kontrollierbaren Testbedingungen für die fehlende Diskriminierung zwischen den verschiedenen Altersstufen verantwortlich sein. Schließlich könnte das Ergebnis auch ein Hinweis auf eine sehr niedrige Effektivität des Elektrizitätslehreunterrichts vor allem in der Sekundarstufe II sein. Um in weiterer Folge bei den Antworten der Schülerinnen und Schüler möglichst nachvollziehbar zwischen „Nichtwissen“ und unwissenschaftlichen Vorstellungen unterscheiden bzw. um auch die Ratewahrscheinlichkeit besser eingrenzen zu können, werden in einem nächsten Durchgang dreistufige Testitems verwendet.

Literatur

- Bühner, M. (2006). Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion. Pearson Studium
- Engelhardt, P.V. & Beichner, R.J. (2004): Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. American Journal of Physics 72, 1, 98-115
- Niedderer, H., & Goldberg, F. (1995). Lernprozesse beim elektrischen Stromkreis. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 1, 73-86
- Pesman, H. & Eryilmaz, A. (2010). Development of a Three-Tier Test to Assess Misconceptions About Simple Electric Circuits. The Journal of Educational Research 103, 3, 208-222
- Rhöneck, Ch. von (1986): Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis (und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand). Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie 34, 13, 10-14
- Sadler, Ph. M. (1998). Psychometric Models of Student Conception in Science: Reconciling Qualitative Studies and Distractor-Driven Assessment Instruments. Journal of Research in Science Teaching 35, 3, 265-296
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. International Journal of Science Education, 10, 2, 159-169
- Williams, J. (2006). Assertion-reason multiple-choice testing as a tool for deep learning: a qualitative analysis. Assessment & Evaluation in Higher Education 31, 3, 287-301

Mindeststandards im Chemieunterricht am Ende der Pflichtschulzeit

Projekthintergrund

Die „Klieme-Expertise“ (2009) weist die Dringlichkeit der Formulierung von Bildungsstandards aus: Ziel soll sein, mithilfe formulierter Bildungsstandards auf Probleme im Bildungssystem zu reagieren; solche Defizite bei den Schülerleistungen wurden u.a. mit TIMSS (vgl. Baumert et al., 2002) und PISA (2004) publik.

Der Vergleich der Schülerleistungen zwischen den Bundesländern Deutschlands zeigt genauer, dass diese so stark variieren wie in keinem anderen PISA-Teilnehmerstaat. Deutsche Schüler erreichen zwar im oberen Leistungsbereich ähnliche Ergebnisse wie die der meisten OECD-Staaten, im unteren Leistungsbereich weisen sie jedoch erhebliche Defizite auf. Dies wurde unter anderem als Anhaltspunkt darauf interpretiert, dass es in Deutschland an Mindeststandards fehlt (vgl. Klieme et al., 2009).

Während im schwedischen Curriculum Mindeststandards verankert sind (vgl. Skolverket, 2000) und in der Schweiz Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften beschrieben wurden (vgl. EDK, 2011), gibt es in Deutschland neben den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (vgl. KMK, 2003/04) Bildungsstandards für den Hauptschulabschluss lediglich für die Hauptfächer Deutsch, Mathematik und die erste Fremdsprache (Englisch/Französisch) (vgl. KMK, 2003). Bislang fehlen in Deutschland Mindeststandards für die Naturwissenschaften am Ende der Pflichtschulzeit.

Definition

Mindeststandards

Nach Ralle (2009) sind Mindeststandards als Kompetenzen zu beschreiben, über die *alle* Schülerinnen und Schüler am Ende der Pflichtschulzeit sicher verfügen müssen, um aktiv am beruflichen und öffentlichen Leben teilzuhaben und ihr privates Leben gestalten zu können, und zwar unabhängig von Schulzweigen und -arten, von individuellen Rahmenbedingungen und institutionellen Möglichkeiten.

Pflichtschulzeit

Mindeststandards sollen laut Ralle (2009) und GFD (2009) für das Ende der Pflichtschulzeit gelten. Hierbei ist zwischen neun bzw. zehn Jahren Schulpflicht (vgl. Avenarius et al., 2006) zu unterscheiden, da diese je nach Bundesland variiert.

Forschungskontext

Das Promotionsvorhaben fokussiert auf das untere Leistungsniveau am Ende der 9. bzw. 10. Klasse und umfasst dabei die vier naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche Fachwissen anwenden, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung (vgl. KMK, 2004a/b; SenBJS, 2006).

Ziel & Forschungsfragen

Das zentrale Ziel ist die empirische Beschreibung von Mindeststandards für das Unterrichtsfach Chemie am Ende der 9. bzw. 10. Klasse.

Forschungsfragen

- Inwiefern lassen sich Mindeststandards von Regelstandards unterscheiden?

- Inwiefern unterscheiden sich verschiedene Interessengruppen hinsichtlich ihrer Meinung zu Mindeststandards im Fach Chemie?

Forschungsdesign

Beschreibung der Stichprobe

An der Hauptstudie nahmen $n_{\text{ges.}}=120$ Probanden teil. Die Befragten konnten vier verschiedenen Gruppen mit je $n=30$ zugeordnet werden: Chemielehrer, Lehrer anderer naturwissenschaftlicher Fächer (Biologie, Physik, Mathematik), Hochschullehrer bzw. Chemiedidaktiker, Chemiker aus Industrie und Wirtschaft (darunter auch Ausbilder).

Fragebogenmethode

Die Interessengruppen wurden anhand eines vierstufigen, ratingskalierten Expertenfragebogens, der in einer Vorstudie (vgl. Körbs & Tiemann, 2012) mit $n=31$ Lehramtsstudierenden der Chemie entwickelt und evaluiert wurde, nach ihrer expliziten Meinung zum Thema Mindeststandards befragt. Dabei sollten die Beurteiler einschätzen, inwiefern sie die im Fragebogen genannten Bildungsstandards (vgl. KMK, 2004b) als Mindeststandards deklarieren.

Kreuzen Experten ‚trifft voll zu‘ an, geben sie zu verstehen, dass der genannte Bildungsstandard einen Mindeststandard darstellt. Kreuzen sie hingegen ‚trifft gar nicht zu‘ an, bedeutet dies, dass es sich dabei um einen Standard des mittleren bzw. höheren Leistungsniveaus handelt:

Die Schülerinnen und Schüler...		trifft voll zu (1)	trifft teilweise zu (2)	trifft eher nicht zu (3)	trifft gar nicht zu (4)
1)	...stellen den Bau von Atomen mit Hilfe des Kern-Hülle-Modells dar.	10	13	07	01
2)	...stellen den Bau von Atomen mit Hilfe eines Kern-Hülle-Modells mit differenzierter Atomhülle dar.	04	07	17	03

Abb. 1: Auszug des Expertenfragebogens & Häufigkeitsverteilung der Vorstudie mit $n=31$ (vgl. KMK, 2004b; SenBJS, 2006; Körbs & Tiemann, 2012)

Ergebnisse der Hauptstudie

Die einfaktorielle ANOVA zeigt im Globaltest, dass der Effekt der Gruppe höchstsignifikant ist und 16,1% der Varianz durch die Gruppenzugehörigkeit aufgeklärt werden: $F(3,103)=6.572$, $p<.001$, $\eta_p^2=.161$.

Abb. 2 zeigt die Summe der Mittelwerte der befragten Gruppen im Vergleich. Hierbei wurde gegensätzlich zu Abb. 1 eine Umkodierung vorgenommen und es gilt: 0=trifft gar nicht zu; 1=trifft eher nicht zu; 2=trifft teilweise zu; 3=trifft voll zu. So gilt für Abb. 2 je höher der Mittelwert ist, desto häufiger erklären Experten die im Fragebogen genannten Bildungsstandards zu Mindeststandards.

Post-hoc-Vergleiche mittels Bonferroni-Test zeigen, dass sich bestimmte Gruppen bei mittleren bis großen Effekten hoch- bis höchstsignifikant hinsichtlich ihrer Meinung zu Mindeststandards unterscheiden. Chemiedidaktiker setzen im Vergleich zu den übrigen Interessengruppen die höchsten Standards für Schülerinnen und Schüler am Ende der Pflichtschulzeit (vgl. Abb. 2):

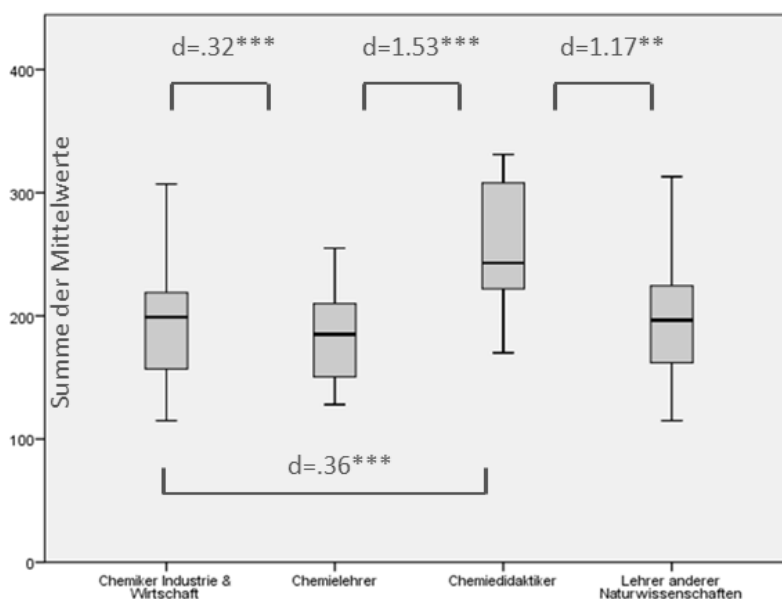


Abb. 2: Gruppenvergleich der befragten Interessengruppen

Ausblick

Die Daten der Hauptstudie werden des Weiteren tiefergehend hinsichtlich konkreter inhaltsbezogener Meinungen untersucht und weitere Gruppenvergleiche vorgenommen. So soll beispielsweise über einen Vergleich zwischen Referendaren und Lehrkräften höherer Dienstjahre geprüft werden, welchen Einfluss die Berufserfahrung auf die Ansprüche von Lehrkräften an Schülerinnen und Schüler hat.

Literatur

- Avenarius, H.; Heckel, H.; Loebel, H.-C. (2006). Schulrechtskunde. Ein Handbuch für die Praxis, Rechtsprechung und Wissenschaft. 7. Aufl., Neuwied: Luchterhand
- Baumert, J.; Bos, W.; Lehmann, R. (Hrsg.) (2002). TIMSS/III, Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Bd. 1, Opladen: Verlag für Sozialwissenschaften
- EDK (Hrsg.) (2011). Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften. Nationale Bildungsstandards. HarmoS-Konkordat. Schweiz
- GFD (2009). Mindeststandards am Ende der Pflichtschulzeit. Erwartungen des Einzelnen und der Gesellschaft – Anforderung an die Schule. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15,
- Klieme, E.; Avenarius, H.; Blum, W.; Döbrich, P.; Gruber, H.; Prenzel, M.; Reiss, K.; Riquarts, K.; Rost, J.; Tenorth, H.-E. & Vollmer, H. J. (2009). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards: eine Expertise. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.). Bonn, Berlin
- KMK (Hrsg.) (2003). Vereinbarung über Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss für die Fächer Deutsch, Mathematik, erste Fremdsprache (Englisch/Französisch). Berlin
- KMK (Hrsg.) (2004a). Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz. Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung. Berlin
- KMK (Hrsg.) (2004b). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Berlin
- Körbs, C. & Tiemann, R. (2012). Beitrag zur Formulierung von Mindeststandards am Ende der Pflichtschulzeit im Fach Chemie. In S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. GDCP Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: Lit Verlag, 509-511
- PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.) (2004). PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Münster: Waxmann
- Ralle, B. (2009). Brauchen wir Mindeststandards? In MNU, 62 (5), 259
- SenBJS (Hrsg.) (2006). Rahmenlehrplan für die Sekundarstufe I. Chemie. Berlin
- Skolverket (2000). Syllabuses for the compulsory school. Stockholm: Skolverket & Fritzes

Der Einfluss der didaktischen Lernumgebung auf das Erreichen geforderter Bildungsziele am Beispiel der W- und P-Seminare im Fach Physik

Einleitung und Motivation

Die Wirksamkeit verschiedenster Lernumgebungen ist ein wichtiges Untersuchungsgebiet fachdidaktischer Lehr-Lern-Forschung. In jüngster Zeit konzentriert man sich dabei zunehmend auf Lernumgebungen, die moderat konstruktivistisch orientiert sind (z.B. Möller, 2000).¹ Gleichzeitig erhält im Zuge der Bildungsreform, welche sich abwendet von einer reinen Input-Ausrichtung durch Lehrpläne und Stoffsammlungen, die Output-Orientierung von Unterricht einen höheren Stellenwert. Diese setzt sich weniger die Fachinhalte als die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen und Kompetenzen zum Ziel:

„Im herkömmlichen Fachunterricht werden Schlüsselqualifikationen meist als mehr oder weniger zufällige Nebenprodukte eines faktenvermittelnden, lehrerzentrierten Frontalunterrichts erworben. Daher gewinnen Unterrichtsmethoden und Organisationsformen an Bedeutung, die die planmäßige Vermittlung von Schlüsselqualifikationen betonen. Fächerübergreifender Unterricht, Projektunterricht und andere handlungsorientierte Unterrichtskonzepte, in denen selbstverantwortliches und selbstständiges Lernen und Arbeiten in Gruppen gefördert werden.“ (Dethlefs-Forsbach, 2005)

Die im Zuge der Reform der bayerischen Oberstufe neu eingeführten Wissenschaftspropädeutischen (W-)Seminare und die Projektseminare zur Studien- und Berufsorientierung (P-Seminare)² bieten in ihrer Konzeption die Möglichkeit eine solche Organisationsform mit entsprechenden Unterrichtsmethoden – kurz eine wie oben beschriebene Lernumgebung – zu sein, da insbesondere durch das Fehlen eines Lehrplans und der fächerübergreifenden, projektartigen Konzeption der Seminare sich für die Lehrkräfte ein großer Handlungsspielraum zu deren Ausgestaltung ergibt.

Durch die Kompetenz-Ausrichtung der Seminare sind mit diesen – gerade im Vergleich zu traditionellem Unterricht – andere Lernziele verknüpft, d.h. es erfordert notwendigerweise ebenfalls andere Lehr-Lern-Szenarien, als man sie aus dem bisherigen Oberstufen-Unterricht kennt:

„Man wird sich also (vom erwarteten Output ausgehend) Schritt für Schritt fragen müssen, (...) wie demzufolge die Lerngelegenheiten auszusehen haben, sodass ein entsprechender Kompetenzzuwachs erfolgen kann.“ (Helmke, 2010)

Ein weithin anerkanntes Prozess-Produkt-Modell, welches Merkmale des Unterrichts mit entsprechenden Wirkungen auf Seite der Schülerinnen und Schüler korreliert, ist das Angebots-Nutzungs-Modell von Helmke. Die hier vorgestellte Studie versucht nun Strukturmerkmale der Seminare – als Einflussgrößen von Unterrichtsqualität – mit dem Kompetenz-Erleben der Schülerinnen und Schüler in Beziehung zu setzen, welches notwendig für den Aufbau von Kompetenzen angesehen werden kann. Der Fokus liegt damit

¹ Im Gegensatz zu behavioristisch oder kognitivistischen orientierten Lernumgebungen.

² Die W- und P-Seminare sind Teil der bayerischen gymnasialen Oberstufe und erstrecken sich dort über drei Halbjahre. Jede/r Schüler/in ist verpflichtet je ein W- und ein P-Seminar zu wählen.

auf Seminar-Merkmalen, welche durch die Seminarlehrkräfte relativ direkt beeinflussbar sind. Einflussfaktoren wie die Lehrperson selbst bzw. Lehrexpertise, die Unterrichtsquantität oder das Klassenklima werden im Rahmen dieser Studie nicht untersucht.

Das Kompetenz-Erleben der Schülerinnen und Schüler wird bezüglich der Unterrichts-Ziele erhoben, welche für die Seminare von Seiten des Ministeriums (Manhardt, 2008) festgelegt wurden.

Die zentrale Fragestellung der empirischen Studie ergibt sich somit wie folgt:

„Welchen Einfluss haben verschiedene didaktische Merkmale der W- und P-Seminare auf die Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler bezüglich des Erreichens der für sie vom Kultusministerium festgelegten Unterrichtsziele?“

Im Rahmen der Evaluation wurden insgesamt sieben W-/P-Seminare im Zeitraum 2009-2012 begleitet. An der Studie nahmen insgesamt sechs Lehrkräfte und 81 Schülerinnen und Schüler teil.

Didaktische Merkmale der W-/P-Seminare

Für die Seminare existieren seitens des Kultusministeriums weder Lehrplan noch konkrete Vorgaben, welche deren Durchführung regeln würden. Es werden lediglich Vorschläge gemacht (Manhardt, 2008), wobei bisher keine empirischen Evaluationen über erfolgreiche Möglichkeiten der Durchführung existieren. Ein erster Anhaltspunkt aus der Theorie für didaktisch wichtige Merkmale der Seminare ergibt sich aus ihrer moderat konstruktivistisch orientierten Ausrichtung. Daraus können deduktiv konkrete Differenzierungs-Variablen für die begleiteten Seminare abgeleitet werden (vgl. Stolzenberger, 2012). Ergänzt werden diese

Quelle	Unabhängige Variable
Merkmale einer moderat konstruktivistischen Lernumgebung	Inhaltliche Struktur
	Alltagsbezug
	Zukunftsbedeutung
	Selbstständigkeit
	Gruppenarbeit
Didaktische Analyse	Kooperation Universität
	Berufswahlprozess
	Wissenschaftliche Arbeitsweise
	Nutzung moderner Medien
	Persönliche Bedeutung (Lehrkraft)
Allgemeine Gesichtspunkte	Experimentieren
	Seminarart

Abb. 1: Liste der theoretisch gefundenen Differenzierungs-Merkmale für die W- und P-Seminare

durch weitere Physik-spezifische Charakteristika, welche sich aus einer fachdidaktischen Analyse nach Kircher (Kircher, 2009) ergeben. Die gefundenen unabhängigen Variablen sind in Abbildung 1 dargestellt. Die Lehrkräfte wurden nach Beendigung ihres Seminars mithilfe von offenen Fragen, welche sich auf die theoretisch gefundenen Merkmale aus Abbildung 1 beziehen,³ zu einer Einschätzung ihres Seminars

aufgefordert. Mithilfe einer skalierenden Strukturierung (Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring, 2008) wurden die begleiteten Seminare damit gemäß der Variablen in Seminare mit Ausprägung „hoch“ bzw. „niedrig“ eingeteilt. Die Merkmale mit ihren Ausprägungen bilden im Sinne der empirischen Studie die unabhängigen Variablen.

³ Z.B. lautete die Frage zum Merkmal *Experimentieren*: „Beschreiben Sie bitte, welchen Stellenwert das Experimentieren in Ihrem Seminar eingenommen hat.“

Unterrichtsziele für die W- und P-Seminare

Gemessen wird der Einfluss der unabhängigen Variablen an den Zielvorgaben für die Seminare. Hier existieren – ganz im Sinne der Output-Orientierung – lediglich Kompetenz-

Skala	α
Fachinteresse (3 Items)	.77
Interesse an naturw. Beruf (4 Items)	.85
Präsentationsfähigkeit (4 Items)	.77
Kommunikationsfähigkeit (5 Items)	.79
Fähigkeit zur Strukturierung (3 Items)	.69
Fachwissen (4 Items)	.82
Experimentelles Geschick (Einzelitem)	-
Allgemeinbildung (Einzelitem)	-
Aufwand für das Seminar (Einzelitem)	-
Spaß am Seminar (Einzelitem)	-

Abb. 2: Zielfaktoren, welche sich aus dem SchülerInnen-Fragebogen ergeben.

Erwartungen. Diese, z.T. schon konkret vorliegenden „Kompetenz-Auflistungen“ (z.B. Manhardt, 2008), dienten als Grundlage für die Generierung eines Fragebogens an die Schülerinnen und Schüler. Diese wurden aufgefordert, ihre Einschätzung bezogen auf im Seminar gelernte Arbeitsweisen abzugeben, was einer subjektiven „Kompetenz-Wahrnehmung“ entspricht.

Staudt (Staudt, 1999) unterteilt den Kompetenzbegriff nochmals in drei Dimensionen: Explizites Wissen, Erfahrung und Fertigkeiten. Die abgefragten Arbeitsweisen sind damit nicht mit einer Kompetenz gleichzusetzen, sondern erfassen analog den „Fertigkeiten“ lediglich einen Teilbereich von Kompetenz.

Die abgefragten Items wurden in der Folge einer Faktorenanalyse unterzogen. Die sich ergebenden Faktoren – die abhängigen Variablen der Studie – sind zusammen mit ihren Reliabilitäten in Abbildung 2 aufgeführt.

Zusammenfassung und Ausblick

Für die Lernumgebung W-/P-Seminar wurden deduktiv wichtige didaktische Merkmale motiviert (Unabhängige Variablen), deren Einfluss auf das Kompetenz-Erleben der Schülerinnen und Schüler (Abhängige Variablen) untersucht werden soll. Mithilfe des Verfahrens der linearen Regressionsanalyse sollen diejenigen Seminar-Strukturmerkmale aufgedeckt werden, welche demnach in der Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler gewinnbringend im Sinne der für die Seminare festgesetzten Zielvorstellungen sind.

Literatur

- Dethlefs-Forsbach, B. (2005). Fächerübergreifender Unterricht aus Sicht des Faches Musik. Hohegehren: Schneider
- Helmke, A. (2010). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Klett-Kallmeyer
- Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (2009). Physikdidaktik: Theorie und Praxis. Berlin: Springer
- Manhardt, G. et al (2008). Die Seminare in der gymnasialen Oberstufe. München: ISB
- Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim und Basel: Beltz
- Moeller, K. (2000). Lehr- Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In Duit, R. (Hrsg.), Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung. Kiel: IPN, 131-156
- Staudt, E. (1999). Kompetenzdefizite von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren behindern den Strukturwandel und verhindern Innovationen. Zeitschrift für Personalforschung. Heft 13/1, 5-28
- Stolzenberger, C., Trefzger, T. (2012). Der Einfluss der Lernumgebung auf das Erreichen geforderter Bildungsziele am Beispiel der W- und P-Seminare im Fach Physik. DPG-Tagung 2012

Tiefenstrukturen im Physikunterricht mit Schülerexperimenten

Einleitung und Hintergrund

Ziel dieses Beitrags ist es, einen theoretischen Ansatz zur Verbesserung des Physikunterrichts mit Schülerexperimenten zur Diskussion zu stellen. Dazu stellen wir einen Ansatz zur Tiefenstrukturanalyse vor, veranschaulichen mit einer Beispielkodierung und berichten von deskriptiven Befunden einer kleinen Videostudie.

Hintergrund dieses Beitrags ist die bekannte Forschungslage, nach der die Wirksamkeit von Unterricht mit (Schüler-)Experimenten weit hinter den Erwartungen zurückbleibt (z.B. Hodson, 1992; Hofstein & Lunetta, 2004; und viele weitere).

Unser Ansatz

Unser Ansatz sieht vor, den Blick auf die Tiefenstruktur von Physikunterricht mit Schülerexperimenten zu lenken und damit Lernprozesse und die Funktion von Experimenten für das Lernen in den Blick zu nehmen. Eine Literaturrecherche ergibt die folgenden kognitiven Funktionen von Schülerexperimenten für Lernen: *Verdeutlichen/Veranschaulichen, erfahrbar Machen, Explorieren, Kontrastieren, Bestätigen/(Über-)prüfen, Üben/Anwenden* (z.B. Muckenfuß, 1995; Kircher u.a., 2009). Affektive Funktionen von Schülerexperimenten seien in diesem Beitrag ausgeklammert.

Unser Ansatz sieht weiter vor, das lernprozessorientierte Tiefenstrukturmodell von Trendel, Wackermann & Fischer (2007, 2008), welches auf den Basismodellen von Oser (2001) basiert, für Physikunterricht mit Schülerexperimenten zu erweitern. Dazu wurde das Basismodell „Entwicklungsförderndes Lernen“ fachdidaktisch als „Konzeptwechsel“ identifiziert und dem Tiefenstrukturmodell von Trendel u. a. zugefügt. Darüber hinaus wurde im Basismodell „Lernen durch Eigenerfahrung“ ein einführender nullter Handlungskettenschritt eingefügt. Dieser zusätzliche Schritt zur Einführung in einen Kontext hatte sich empirisch als notwendig herausgestellt. Und schließlich wurden diejenigen Handlungskettenschritte, die unserer Meinung nach experimentell unterstützt werden können, mit den o. a. Funktionen des Experiments für den Lernprozess assoziiert. Tabelle 1 zeigt das vollständige Set von Basismodellen, deren Handlungskettenschritte und, in Klammern geschrieben, die assoziierten Funktionen für das Lernen. Dabei wird deutlich, dass sich alle bekannten kognitiven Funktionen von Experimenten für das Lernen in den hier vorgestellten Basismodellen vollständig wiederfinden.

	Lernen durch Eigenerfahrung	Konzeptaufbau	Problemlösen	Konzeptwechsel
1	0 Einführen des Kontextes (Veranschaulichen) 1 Inneres Vorstellen, Planen	Bewusstmachen des Vorwissens	Problemgenerierung (z. B. Erfahren)	Vergegenwärtigung bestehender Konzepte (Veranschaulichen)
2	Handeln im Kontext (z. B. Erfahren, Erleben und Explorieren)	Durcharbeiten eines prototypischen Musters (z. B. Verdeutlichen und Veranschaulichen)	Problempräzisierung (z. B. Verdeutlichen)	Disäquilibrium, „Erschüttern“ (z. B. Kontrastieren)
3	Erste Ausdifferenzierung, Reflexion	Darstellen der wesentlichen Merkmale und Prinzipien (z. B. Verdeutlichen und Veranschaulichen)	Lösungsvorschläge	Aufkommen des Neuen

4	Generalisierung der Ergebnisse	Aktiver Umgang mit neuem Konzept (z. B. Üben und Anwenden)	Prüfen der Lösungsvorschläge (z. B. Bestätigen und Prüfen)	Wichtigkeit des Neuen, Sezieren des Alten (z. B. Verdeutlichen und Veranschaulichen)
5	Übertragung auf größere Zusammenhänge (z. B. Anwenden)	Vernetzung mit bekanntem Wissen (z. B. Kontrastieren, Bestätigen, Prüfen oder Anwenden)	Vernetzung, Transfer auf andere Problemklassen (z. B. Üben und Anwenden, Überprüfen)	Integration von Neu und Alt (z. B. Üben, Anwenden und Überprüfen)

Tab. 1: Erweitertes Tiefenstrukturmodell (nach Trendel u.a. 2007, 2008; Oser 2001) mit bekannten Funktionen des Experimentierens für das Lernen (jeweils in Klammern)

Die Umsetzungsstufen von Trendel u.a. (2007, 2008) wurden geringfügig angepasst bzw. für das Basismodell „Konzeptwechsel“ erstmalig formuliert. Eine Illustrierung der Kodierung und der Umsetzungsstufen liefert das folgende Unterrichtsbeispiel:

Zu Beginn einer Stunde in einer 8. Klasse hatte die Lehrkraft das Thema Haft-, Gleit- und Rollreibung motiviert und mit den SuS im Klassengespräch Vermutungen darüber gesammelt, welche Größen Einfluss auf die Reibungskraft haben könnten. Daran schließt sich eine Schülerexperimentierphase an, in der die SuS mit kleinen Klötzen, Gewichtsstücken, Rollen und einem Federkraftmesser arbeiten. Zu beobachten ist, dass die SuS systematisch relevante Messgrößen variieren und Zwischenergebnisse protokollieren. Wir kodieren diese Phase als Basismodell „Lernen durch Eigenerfahrung“ und als Handlungskettenschritt „Handeln im Kontext“. Zusätzlich weisen wir die Umsetzungsstufe 2 zu: „Die SuS arbeiten weitgehend selbständig im Rahmen eines vorgegebenen Handlungsplans“. Die Umsetzungsstufe 0 würde in dieser Unterrichtsphase bedeuten, dass die SuS irgendetwas mit den Materialien machen („spielen“), Stufe 1, dass die SuS einen vorgegebenen Aktionsplan abarbeiten, und Stufe 3 könnte bedeuten, dass die SuS selbständig im Rahmen eines eigenen Handlungsplans arbeiten. Als Umfang wurde ein Bereich von 0 bis 3 gewählt, was eine oberflächliche bis vollständige Umsetzung der Basismodellvorgaben beschreiben soll. Die Stufen lauten dabei verschieden je nach Handlungskettenschritt. Zu erwähnen ist noch, dass Erfahrungen von Trendel u.a. gezeigt hatten, dass je nach Lerngruppe ggf. zunächst eine niedrigere Stufe zu favorisieren ist, bevor erfahrenere SuS die Basismodellvorgaben stärker erfüllen können.

Das erweiterte Tiefenstrukturmodell wurde anhand dreier zufällig ausgewählter Videos Paderborner Kollegen auf Objektivität und Reliabilität geprüft. Eine Beurteilerübereinstimmung erzielte hier für die drei Variablen *Basismodell*, *Handlungskettenschritt* und *Umsetzungsstufe* jeweils zufriedenstellende Werte ($P\ddot{U} > 80\%$, $\kappa = 0.6$ und 0.7 bzw. $\gamma = 0.8$).

Erste deskriptive Ergebnisse

Für eine erste deskriptive Analyse von Physikunterricht mit Schülerexperimenten wurden zehn ausgewählte Videos einer Querschnittsstudie Essener Kollegen mit dem erweiterten Tiefenstrukturmodell kodiert. Die Videos wurden so ausgewählt, dass in allen Videos Schülerexperimente vorkamen mit einer möglichst großen Bandbreite in der zeitlichen Länge. 89,3% der beobachteten Unterrichtszeit (auch über die Schülerexperimentierphasen hinaus) entfiel auf das Basismodell „Lernen durch Eigenerfahrung“, 10,7% auf „Konzeptbildung“. Es konnten keine Schülerexperimentierphasen beobachtet werden, die nicht kodierbar gewesen wären. Innerhalb des Basismodells „Lernen durch Eigenerfahrung“ fanden Schülerexperimente fast ausschließlich im Handlungskettenschritt „Handeln im Kontext“ statt, im Basismodell „Konzeptbildung“ ausschließlich in der Phase „Üben/Anwenden“. Die damit assoziierten Funktionen für das Lernen sind „Verdeutlichen/Veranschaulichen und Explorieren“ sowie „Anwenden/Überprüfen“. Die mittlere

Umsetzungsstufe lag bei etwa 1, d. h. „SuS handeln nach vorgegebenem Plan“ bzw. „SuS wenden an, ohne das neue Konzept aktiv zu verwenden“.

Diskussion und Ausblick

Die im Mittel recht niedrigen Umsetzungsstufen lassen vermuten, dass der beobachtete Unterricht kognitiv nicht besonders anspruchsvoll ist. Darüber hinaus ist bemerkenswert, dass insgesamt nur zwei verschiedene bekannte Funktionen von Experimenten für das Lernen umgesetzt werden. Insgesamt stehen die Ergebnisse im Einklang mit den Beobachtungen beispielsweise der IPN-Videostudie (Seidel u.a. 2006), nach der die zwei Arbeitsformen Schülergruppenarbeit mit Experimenten sowie lehrerzentrierte Instruktion bei allgemein niedriger Zielklarheit dominieren. Zusammengefasst repliziert unserer Meinung nach die vorgestellte Videostudie mit dem erweiterten Tiefenstrukturmodell die bereits bekannten Hintergründe zum Experimentieren und zum Physikunterricht in Deutschland. Das besondere an dem erweiterten Tiefenstrukturmodell liegt unserer Meinung nach darin, dass nicht nur die bekannte Forschungslage repliziert werden konnte, sondern dass das Modell eine Anleitung zur Verbesserung des Physikunterrichts mit Schülerexperimenten darstellen kann. Hinweise hierfür werden durch die Anpassung der Basismodelle mit den Handlungskettenschritten an Unterricht mit Experimenten und insbesondere die Darstellung der Umsetzungsstufen gegeben. Somit wird eine Brücke zwischen Theorie und Praxis geschlagen.

Literatur

- Goodlad, J. I. (1983). A summary of a study of schooling: Some findings and hypotheses. *Phi Kappa*, 64 (7), 465-470
- Hodson, D. (1992). Assessment of Practical Work. *Science & Education*, 1 (2), 115-144
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the 21st century. *Science Education*, 88 (1), 28-54
- Kircher, E., Girwitz, R. & Häußler, P. (2009). *Physikdidaktik: Eine Einführung*. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin: Cornelsen
- Oser, F. K. & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to 21st learning. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (4th Edition). 418 Washington: American Educational Research Association, 1031-1065
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmel, R., Schwindt, K., Kobarg, M., Herweg, C. & Dalehefte, I.M. (2006). Unterrichtsmuster und ihre Wirkungen. In M. Prenzel und L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule*. Waxmann, 99-123
- Séré, M.-G. (2002). Towards Renewed Research Questions from the Outcomes of the 441 European Project 'Labwork in Science Education'. *Science Education*, 86, 624-644
- Trendel, G., Wackermann, R. & Fischer, H.E. (2007). Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 9-31
- Trendel, G., Wackermann, R., & Fischer, H.E. (2008). Lernprozessorientierte Fortbildung von Physik Lehrern. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54 (3), 322-340
- Wackermann, R. (2008) *Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer*. Berlin: Logos Verlag

Interviewstudie zur Einbettung von Experimenten in den Kursunterricht

Theoretischer Hintergrund und Forschungsfragen

Schulisches Experimentieren bildet einen großen Bereich naturwissenschaftsdidaktischer Forschung. Verschiedene Forschungsergebnisse weisen darauf hin, dass die Wirksamkeit eines schulischen Einsatzes von Experimenten hinter den Erwartungen zurückbleibt (z.B. Harlen, 1999). Unter anderem wird als Grund eine fehlende Passung von Zielsetzung und tatsächlich durchgeführtem experimentellem Unterrichtsarrangement angesehen (z.B. Hofstein & Lunetta, 2003). Hopf (2004) schlägt darauf aufbauend eine funktionale Betrachtung von schulischen Experimenten vor, indem er für ausgewählte experimentelle Zielsetzungen bestimmte methodische Herangehensweisen nahelegt. Einblicke über den tatsächlichen Einsatz von Experimenten im deutschsprachigen Physikunterricht bietet eine Untersuchung von Tesch (2005) im Rahmen der IPN-Videostudie. Die Autorin resümiert, dass der Einbettung von Experimenten in den Unterricht eine besondere Bedeutung zukommt. Singer et al. (2005) greifen beide Aspekte auf und fassen die Situation über den Einsatz von Experimenten in den USA wie folgt zusammen:

*„Effective laboratory experiences are **thoughtfully sequenced** into the flow of classroom science instruction. [...] they are explicitly linked to what has come before and what will come after. [...] The way a particular laboratory experience is integrated into a flow of activities should be **guided by the goals** of the overall sequence of instruction and of the particular laboratory experience.“* (Singer et al., 2005, S.102)

Wenig bekannt ist bisher jedoch über die **unterrichtsspezifischen Vorgehensweisen von Lehrpersonen**, Experimente in den Unterrichtsverlauf einzubetten, d.h.: Wie versuchen Lehrpersonen bestimmte unterrichtliche Zielsetzungen in einer Unterrichtssequenz mit Hilfe einer Reihe von Experimenten zu erreichen und welche Bezüge sehen sie zwischen den einzelnen Experimenten? Vor diesem Hintergrund ergeben sich folgende Forschungsfragen für die hier vorgestellte Studie:

- Welche Strategien zeigen Physiklehrer, um Experimente in einen übergeordneten Unterrichtsverlauf einzubetten?
- Welche funktionalen Rollen nehmen Einzelexperimente im unterrichtlichen Gesamtzusammenhang ein?

Methodische Aspekte und Ergebnisse

Mit dem Fokus der Studie auf einer Rekonstruktion der Strategien von Lehrpersonen wurde eine methodische Vorgehensweise gewählt, die möglichst große Nähe an konkreten Unterrichtssituationen erhält. Um Handlungsnähe zu wahren, wurde, einem Ansatz von Fischler (2001) folgend, im Rahmen dieser Studie ein *Stimulated-Recall-Verfahren* in einen Fallstudienansatz mit einem halbstandardisierten Interview integriert. Dafür wurden sieben ausgewählte Lehrpersonen aus dem Großraum Hannover über mindestens 6 Schulstunden zu einem experimentellen Unterrichtsthema begleitet und gefilmt. In einem zeitnah folgenden Interview wurde den Lehrpersonen unter anderem ein Zusammenschnitt des gefilmten Unterrichts präsentiert und die Lehrer wurden gebeten, ihre unterrichtliche Vorgehensweise anhand des Zusammenschnitts nachzuerzählen. Die Interviews wurden transkribiert und entsprechend der qualitativen Inhaltsanalyse nach Gläser & Laudel (2010) analysiert. Den Autoren entsprechend wurden im Vorfeld der Analyse theoretische Vorüberlegungen durchgeführt (Abb.1), die als Orientierung für die Auswertung dienen. Zusätzlich zu einer Extraktion von Informationen zu den Kategorien wurden Begründungen der Interviewten erfasst,

um die individuellen Vorgehensweisen der einzelnen Lehrpersonen zu rekonstruieren. Diese Rekonstruktionen zeigen, dass jede Lehrperson eine im Detail sehr individuelle experimentelle Vorgehensweise verfolgt, welche durch enge Verknüpfungen mit den schulischen Gegebenheiten und den jeweiligen Voraussetzungen der Kurse gekennzeichnet ist. Insgesamt wurden 29 unterrichtliche Experimentaleinsätze mit dieser Methode rekonstruiert. Im Anschluss an die Rekonstruktion der Einzelfälle wurden alle Experimentaleinsätze verglichen und kontrastierend untersucht (vgl. Kelle & Kluge, 2010), um in der Gesamtheit der Fälle Strategien in der experimentellen Vorgehensweise zu identifizieren. Um Ähnlichkeiten (interne Homogenität) und Unterschiede (externe Heterogenität) der Experimentaleinsätze aufzuzeigen, wurden zwei Vergleichsdimensionen gewählt:

- zeitliche Aspekte der Bezüge zwischen Experimenten einer Unterrichtssequenz und
 - eine Gruppierung der Experimente entsprechend ihrer übergeordneten Funktion.

Letztere Dimension ist dabei als eine Erweiterung der Einteilung von Experimenten entsprechend ihrer Unterrichtsphasen nach Kircher et al. (2007) zu sehen.

Abbildung 2 zeigt die in den Fällen identifizierten Strategien in einer abstrakten symbolischen Darstellung. Im Folgenden werden die Strategietypen kurz skizziert:

- *Einstiegs- und Überleitungsexperimente und ihre zeitlichen Bezüge*

Dabei handelt es sich um Experimente, die von den Lehrpersonen der Fallstudie zur Überleitung zwischen Themengebieten oder Teilthemen oder als Einstieg in ein neues Thema eingesetzt wurden, z.B. zur Präsentation eines Phänomens, zur Sensibilisierung für eine Problemstellung oder Experimente zur Überbrückung eines schwierigen Lernschritts. Dabei wurden nur Experimente beobachtet, in denen Bezüge in linearer Abfolge aufgegriffen wurden.

- *Erarbeitungsexperimente und ihre zeitlichen Bezüge*

In den beobachteten Fällen wurden Erarbeitungsexperimente mit der Zielsetzung eingesetzt, im inhaltlichen Unterrichtsverlauf voranzuschreiten. Aspekte dieser experimentellen Ergebnisse wurden dabei einerseits auf direkt folgende Experimente oder übergreifend auf Experimente im späteren Unterrichtsverlauf bezogen. Andererseits wurden Ergebnisse aus Erarbeitungsexperimenten auch genutzt, um rückwirkend vorherige Ergebnisse mit Hilfe der neu gewonnenen Erkenntnisse zu betrachten und durch eine Reflexion neue Schlussfolgerungen zu ziehen.

- *Experimente zur Anwendung oder Lernerfolgsmessung und ihre zeitlichen Bezüge*

Hierbei handelt es sich um eingefügte Experimente, die in den Unterrichtsgang integriert wurden, aber weniger auf ein Fortschreiten im inhaltlichen Unterrichtsverlauf abzielten als vielmehr zur Anwendung oder Lernerfolgsmessung bestimmter Inhalte dienten. Z.B. wurden praktische Anwendungen bereits thematisierter Inhalte durch die Schüler in Form von Schülerexperimenten durchgeführt oder es wurden Demonstrationsexperimente verwendet, die bereits behandelte Unterrichtsinhalte aufgegriffen oder zusammenfasst haben, um dem Lehrer zur Lernerfolgsmessung zu dienen. Übergreifende Bezüge bei Anwendungsexperimenten konnten beispielsweise identifiziert werden, indem eine Lehrperson über Anwendungsexperimente hinweg den Aufbau prozessbezogener Kompetenzen verfolgte.

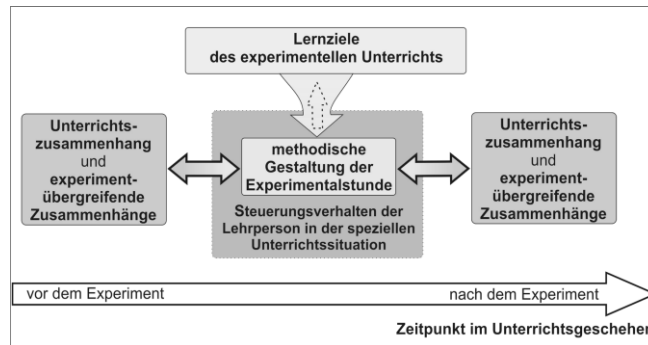


Abb. 1: Theoretische Vorüberlegungen für die qualitative Inhaltsanalyse nach Gläser & Laudel (2010)

Rückgreifende Bezüge wurden nicht beobachtet.

zeitl. Aspekt / übergeordnete Funktion	Bezüge in linearer Abfolge	übergreifende Bezüge	rückgreifende (reflektierende) Bezüge
Einstiegs- / Überleitungs-experimente		n.b.	n.b.
Erarbeitungs-experimente			
Experimente zur Anwendung oder Lernerfolgsmessung			n.b.

Abb. 2: Experimentübergreifende Strategien zur Einbettung
D: Demonstrationsexperiment; S: Schülerexperiment; n.b: nicht beobachtet

Ausblick

Die Studie zeigt, dass Lehrpersonen mit dem Einsatz von Experimenten in einer Unterrichtssequenz bestimmte Strategien verfolgen, um Bezüge zwischen Einzelexperimenten herzustellen und diese somit in den Unterrichtsverlauf einzubetten. Diese Bezüge sind eng mit den jeweiligen Zielsetzungen der Experimente verbunden und bilden ein Gerüst des Unterrichtsgangs.

In folgenden Auswertungsschritten soll nach typischen Kombinationen der hier präsentierten Strategien gesucht werden, um unterrichtliche Sequenzen zu identifizieren, bei denen eine Abfolge von Experimenten in einem bestimmten übergeordneten Sinnzusammenhang stehen (in Anlehnung an unterrichtlichen Drehbücher nach Leisen, 2003). Entsprechend der zweiten Forschungsfrage liegt der Fokus auf einer Analyse der funktionalen Bedeutung der Einzelexperimente in einer solchen experimentellen Sinneinheit.

Literatur

- Fischler, H. (2001). Verfahren zur Erfassung von Lehrer-Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 105-120
- Gläser, J., Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. 4. Auflage. Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften
- Harlen, W. (1999). *Effective Teaching of Science*. Glasgow: Scottish Council for Research in Education
- Hofstein, A., Lunetta, V. (2003). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28-54
- Hopf, M. (2004). Schülerexperimente, Stand der Forschung und Bedeutung für die Praxis. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 63 (6), 2-7
- Kelle, U., Kluge, S. (2010). *Vom Einzelfall zum Typus, Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung*. 2. Auflage. Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften
- Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (2007). *Physikdidaktik, Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag
- Leisen, J. (2003). Wider das Frage- und Antwortspiel. Neue Inhalte aufgabengeleitet entwickeln. In *Jahresheft 2003, Aufgaben, Lernen fördern - Selbstständigkeit entwickeln*. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag, 116f
- Singer, S.R., Hilton, M.L.; Schweingruber, H.A. (2005). *America's Lab Report: Investigations in High School Science*. Center for Education Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington DC: The National Academies Press
- Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht*. Berlin: Logos-Verlag

Mareike Klostermann¹
 Maïke Busker²
 Ilka Parchmann¹

¹IPN Kiel
²Universität Flensburg

Erwartungen und Einstellungen von Chemie-Studierenden

Ausgangslage

Neben kognitiven Merkmalen von Studienanfängern sind auch Einstellungen zum und Erwartungen an ein Chemiestudium für einen erfolgreichen Abschluss relevant (Fellenberg & Hannover, 2006). Zu kognitiven und affektiven Studieneingangsvoraussetzungen liegen bislang wenig fachspezifische Erhebungen vor. Aufbauend auf Forschungsarbeiten von Busker et al. (2010a, 2010b, 2011) wird hier ein Forschungsvorhaben vorgestellt, dass die Wahrnehmung von Lernerwartungen und -voraussetzungen zu Studienbeginn von Studierenden und Dozenten vergleichend untersucht.

Theoretischer Hintergrund und Forschungsfragen

In verschiedenen Studien wurden Merkmale wie Interesse, Selbstkonzept, aber auch Lernstrategien als Faktoren des Studienerfolgs identifiziert (z.B. Schiefele et al., 2003; Wild, 2005). Zudem konnte in unterschiedlichen Fächern eine Diskrepanz zwischen der Vorbereitung seitens der Schule und den Anforderungen seitens der Universität nachgewiesen werden (Brinkworth et al., 2009). Eine konkrete Untersuchung und Kategorisierung von Faktoren, die den Übergang von der Schule an die Universität speziell im Fach Chemie beeinflussen können, wurde von Busker et al. (2010a, 2010b, 2011) explorativ durchgeführt. In diesem Forschungsvorhaben soll der Fokus weiterführend auf Lehr-Lern-Überzeugungen zu Beginn des Studiums gelegt werden. Dazu werden Lehr-Lern-Überzeugungen von Lehrenden und Lernenden im Fach Chemie zu Beginn des Studiums charakterisiert und vergleichend gegenübergestellt.

Als theoretischer Rahmen wird dieser Studie das Modell von Flavell (1984) zu Grunde gelegt. Flavell unterscheidet in diesem aus der Metakognitionsforschung stammenden Modell zwischen metakognitivem Wissen und metakognitiver Empfindung; der Fokus in dieser Arbeit wird auf das metakognitive Wissen gelegt. Dieses Konstrukt wird in drei Aspekte (Flavell, 1984) unterteilt:

- *Personenvariablen*: Wissen, das sich auf Merkmale von Personen als denkende (affektive, motivierte, wahrnehmende usw.) Organismen bezieht, wie beispielsweise Interesse oder Selbstwirksamkeitserwartungen.
- *Aufgabenvariablen*: Wissen, wie wir etwas darüber lernen, in welcher Weise die Art der Aufgaben mit denen wir zu tun haben, die Auseinandersetzung mit ihnen beeinflusst.
- *Strategievariablen*: Wissen über kognitive Strategien oder Prozeduren, um einen gegebenen Zustand zu verändern und um Ziele anzustreben.

Folgende Tabelle 1 zeigt die Gegenüberstellung der Forschungsfragen, hinsichtlich der von Flavell formulierten drei Aspekte, bezogen auf Lernende (linke Seite) und Lehrende (rechte Seite).

Mit welchen Erwartungen an die Anforderungen eines Chemiestudiums kommen Studienanfänger an die Universität?	Aufgabenvariablen	Welche Anforderungen im Wissen, insbesondere im ersten Jahr an der Universität stellen die Dozenten an die Studienanfänger?
Welche Überzeugungen zum eigenen Lernen haben Studienanfänger? Welche Lernstrategien nutzen sie?	Strategievariablen	Welches Studier- und Lernverhalten erwarten Dozenten von Studienanfängern?

Mit welchem Vorwissen kommen Studienanfänger an die Universität? Über welches fachspezifische Interesse verfügen sie? Welche Persönlichkeitsmerkmale zeichnen erfolgreiche Studierende aus?	Personen-variablen	Welche Einschätzungen haben Dozenten hinsichtlich Interesse und Persönlichkeitsmerkmalen von Studienanfängern? Welche Persönlichkeitsmerkmale zeichnen erfolgreiche Studierende aus?
---	--------------------	--

Tab. 1: Gegenüberstellung der Forschungsfragen hinsichtlich der drei Aspekte nach Flavell

Teilstudien und methodisches Vorgehen

Zu Beginn der Wintersemester 2010/2011 sowie 2011/2012 wurden an der Universität Kiel Vorkurse im Fach Chemie durchgeführt, in denen mittels Fragebögen Aspekte zu Aufgabenvariablen, Strategievariablen und Personenvariablen mit dem Fokus auf das Studienfach Chemie untersucht wurden. In diesen Fragebögen wurden Aspekte wie beispielsweise Interesse, Selbstkonzept, Erwartungen an das Studium und Nutzung von Lernstrategien erhoben (4-stufige Likert-Skala). Außerdem wurden mittels fachlicher Tests das Vorwissen in Chemie und Mathematik der Studienanfänger erfasst. Im Verlauf des Wintersemesters 2011/2012 fand zudem eine qualitative Studie in Form von drei Gruppendiskussionen statt. Zu drei Terminen im Semester haben sich jeweils drei auf das Studienfach bezogene homogene Gruppen von Chemie-Studienanfängern getroffen und über ihre Erwartungen und Einstellungen zu ihrem Studium hinsichtlich der drei Aspekte nach Flavell diskutiert. Im Sommersemester 2012 wurden zudem leitfadengestützte Interviews mit Dozenten, die Veranstaltungen im ersten Semester halten, hinsichtlich oben genannter Aspekte durchgeführt. Die Ergebnisse der beiden letztgenannten Studien wurden mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2008) ausgewertet.

Ausgewählte Ergebnisse aus den Interviews und Gruppendiskussionen

Bei der Auswertung der qualitativen Studien finden sich Aussagen der befragten Personen, die sich in das Rahmenmodell einordnen lassen. Hieraus können Faktoren abgeleitet werden, die aus Sicht dieser einzelnen Personen den Übergang von der Schule an die Universität beeinflussen und in weiteren größeren Untersuchungen berücksichtigt werden sollten.

So wurden die Studierenden beispielsweise hinsichtlich des Aspektes Strategievariablen in den Gruppendiskussionen nach ihren Lernstrategien befragt. Die Studierenden betonen dabei, dass jeder für sich seine Lernstrategie finden und diese dann auch nutzen muss. Zudem betonen sie, dass es oft hilfreich ist, wenn gemeinsam in Gruppen gelernt wird. Vorgestellte metakognitive Lernstrategien, wie beispielsweise vorher zu planen, welche Inhalte behandelt werden, nutzen die Studierenden in der Regel unterbewusst. Die Dozenten betonen einerseits ebenfalls, dass jeder für sich selbst geeignete Lernmethoden finden muss, geben dafür jedoch keine expliziten Hilfestellungen. Ein Dozent geht auch davon aus, „*dass die Studenten wissen, wie sie am besten lernen. Bis zum Abitur sollte man das rausbekommen haben. [...] und das ist im Endeffekt das Gleiche wie die Strategie, die man dann im Studium fahren muss.*“ (Dozent 1). Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass verschiedene Lernstrategien auf Seiten der Studierenden bereits vorhanden sind, wenn auch zum Teil unterbewusst und die Dozenten hierauf nicht explizit in den Veranstaltungen eingehen, da sie der Meinung sind, dass jeder Studierende seine persönliche Lernstrategie entwickelt hat und diese auf das Studium anwenden kann.

Der Aspekt Personenvariable lässt sich beispielsweise durch die Facette Interesse näher charakterisieren. Hier konnte in der Fragebogen-Studie festgestellt werden, dass zu Beginn des Studiums das Interesse am Fach Chemie seitens der Studierenden hoch ist. Des Weiteren wird durch das folgende Zitat einer befragten Studentin deutlich, dass Erwartungen zu Beginn des Studiums auf die schulische Prägung zurückzuführen sind: „*[Ich erwarte das], dass was mich halt in der Schule an Chemie und Bio interessiert hat, eben vertieft wird.*“ (Studentin Biochemie). Für die befragten Lehrenden ist das Interesse an den Sachverhalten

der Chemie ebenfalls ein entscheidender Faktor, den die Studierenden bei Aufnahme ihres Studiums bereits mitbringen sollten. Hohes Interesse am Fach, auch dauerhaft, ist demnach von enormer Wichtigkeit. „*Man muss halt selbstständig daran interessiert sein, über den Tellerrand rauszublicken*“ (Dozent 1). Damit geht Dozent 1 davon aus, dass sich die Studierenden für das Fach interessieren.

Unter dem Aspekt Aufgabenvariablen fallen die Anforderungen und Schwierigkeiten von Aufgaben im Studienfach Chemie. Dafür wurde beispielsweise eine multiple-select-Aufgabe zunächst von den Studierenden im Vorkurs bearbeitet und anschließend sowohl den Studierenden in einer Gruppendiskussion als auch den Lehrenden im Interview mit den Ergebnissen vorgelegt. Es fällt auf, dass das Vorwissen der Studierenden insgesamt heterogen ist. Die Dozenten sehen in ihren Ausführungen die Schwierigkeiten der Aufgaben eher beim Inhalt, die Studierenden teils beim Inhalt, der unterschiedlich ausführlich im Schulunterricht behandelt worden ist, teils aber auch beim Aufgabenformat, da sie dieses nicht gewohnt sind oder sich mit vorformulierten Antworten schwer tun, wenn sich diese nur durch einzelne Worte unterscheiden.

Zusammenfassung und Ausblick

Anhand der hier vorgestellten ersten Ergebnisse konnte gezeigt werden, dass eine Kategorisierung der Einstellungen und Erwartungen auf Grundlage des Modells nach Flavell möglich ist. Im Wintersemester 2012/2013 erfolgt im Rahmen dieses Dissertationsprojektes eine letzte Erhebung im Vorkurs Chemie sowie über eine online-Befragung, damit eine größere Probandengruppe auf Seiten der Studierenden vorhanden ist, um Aspekte, die sich über die Zeitdauer eines Semester verändern könnten, zu erfassen. Es folgt eine weitere qualitative Auswertung hinsichtlich der genannten Aspekte im Vergleich der Aussagen der Studierenden und der der Lehrenden. Daran schließt sich eine genauere Betrachtung der qualitativen und quantitativen Daten hinsichtlich unterschiedlicher Gruppenvergleiche an. Abschließend erfolgt die Triangulation aller erhobenen Daten sowie die Erstellung von weiteren Fragebogen-Items aufgrund der vorliegenden qualitativen Daten.

Literatur

- Brinkworth, R., McKenn, B., Matthews, C. & Nordström, K. (2009). First year expectations and experiences: student and teacher perspectives. *Higher Education*, 58, 157-173
- Busker, M. (2010a). Entwicklung einer adressatenbezogenen Übungskonzeption im Übergang Schule-Universität auf Basis empirischer Analysen von Studieneingangsvoraussetzungen im Fach Chemie. Tönning: Der Andere Verlag
- Busker, M., Wickleder, M. & Parchmann, I. (2010b). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie: Welches Vorwissen und welche Interessen zeigen Studierende?. *Chemie konkret*, 17 (4), 163-168
- Busker, M., Klostermann, M., Herzog, S., Huber, A. & Parchmann, I. (2011). Nicht nur Schulwissen auffrischen: Vorkurse in Chemie. *Nachrichten aus der Chemie*, 59 (6), 684-687
- Fellenberg, F.; Hannover, B. (2006). Kaum begonnen, schon zerronnen? Psychologische Ursachenfaktoren für die Neigung von Studienanfängern, das Studium abzubrechen oder das Fach zu wechseln. In: *Empirische Pädagogik*, 20 (4), S. 381-399
- Flavell, J.H. (1984). Annahmen zum Begriff Metakognition sowie Entwicklung von Metakognition. In: Weinert, F.E. & Kluwe, R. (Hrsg.): *Metakognition, Motivation und Lernen*. Stuttgart: Kohlhammer Verlag, 23-31
- Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 10. Auflage. Weinheim: Beltz
- Schiefele, U., Streblov, L., Ermgassen, U. & Moschner, B. (2003). Lernmotivation und Lernstrategien als Bedingungen der Studienleistung, Ergebnisse einer Längsschnittstudie. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17 (3/4), 185-198
- Wild, K.-P. (2005). Individuelle Lernstrategien von Studierenden. Konsequenzen für die Hochschuldidaktik und die Hochschullehre. In: *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23 (2), 191-206

Bestimmung des Studienerfolgs Erstsemesterstudierender im Fach Chemie

Der Studienerfolg im Fach Chemie ist bekanntermaßen gering ausgeprägt. Dies bestätigt der aktuelle Wert der Abbruchquote im Bachelorstudiengang Chemie in Deutschland mit 43 % (Heublein et al., 2012). Es gibt bereits einige Studien, die sich damit beschäftigt haben, Faktoren zu finden, die den Studienerfolg beeinflussen. Jedoch liegen nur sehr wenige Forschungsergebnisse für das Fach Chemie in Deutschland vor. Diese Arbeit möchte diese Lücke schließen und definiert zunächst Studienerfolg als die Punktzahl in der Klausur am Ende des ersten Semesters. Für die Prognose dieser wird ein Regressionsmodell erstellt, das sich an Schiefele, Krapp und Winteler (1992) anlehnt, die zusammenfassen, dass allgemeine kognitive Faktoren, allgemeine motivationale Faktoren und Interesse normalerweise zur Erfolgsprognose herangezogen werden. Das hier verwendete Modell fügt zunächst Vorwissen als ersten Prädiktor in das Modell ein, da Vorwissen die Grundlage dafür ist, neues Wissen aufbauen zu können (Schneider, Körkel & Weinert, 1990). Als nächstes folgen die Abiturgesamtnote und die Fähigkeit im schlussfolgernden Denken als kognitive Faktoren, die Variable Wunschfach als motivationaler Faktor und schließlich das Fachinteresse. Da die Studie an verschiedenen deutschen Universitäten durchgeführt wurde und auch Studierende verschiedener Studiengänge befragt wurden, werden ebenfalls die Studienbedingungen, operationalisiert durch Studiengangs- und Hochschulzugehörigkeit, in das Regressionsmodell mit einbezogen.

Studiendesign & Methoden

Die Befragung der Erstsemesterstudierenden wurde im Wintersemester 2011/12 an der Universität Duisburg-Essen, der Humboldt-Universität zu Berlin und der Ludwig-Maximilians-Universität München durchgeführt. Die Erhebung der Studieneingangscharakteristika (Prätest) erfolgte zu Beginn des Semesters im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung zur allgemeinen Chemie. Am Ende desselben Semesters, ungefähr zwei bis drei Wochen vor der ersten Klausur, erfolgte der Posttest. Die Punktzahlen in der Klausur und der ersten Nachklausur liegen vor und dienen der Bestimmung des Studienerfolgs mittels multipler linearer Regressionsanalyse. Hierfür können die Daten von 459 Studierenden der beiden Studiengänge Chemie und Lehramt für Gymnasium/Gesamtschule im Fach Chemie einbezogen werden. Die Verteilung der Studierenden auf die beiden Studiengänge und die Universitäten ist Tab zu entnehmen.

	HU Berlin	Uni DuE	LMU München	Gesamt
Chemie*	88	63	180	331
Lehramt Gym/Ge	29	31	68	128
Gesamt	117	94	248	459

Tab. 1: Stichprobe (* an der LMU: „Chemie und Biochemie“)

Für die Bestimmung des Vorwissens wurde ein Fachwissenstest konzipiert auf der Basis der Vorlesung zur allgemeinen Chemie. Der Test besteht aus 23 Mehrfachwahlaufgaben mit vier Antwortalternativen, von denen genau eine richtig ist. Die Fähigkeit im schlussfolgernden Denken wurde mit dem figuralen Teil des BEFKI (Wilhelm, Schroeders & Schipolowski, 2009) gemessen. Das „Wunschfach“ besteht aus dem Item „Ich würde lieber ein anderes Fach studieren“ und konnte mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden. Fachinteresse wurde

mit einem selbstentwickelten Fragebogen erhoben, der sich an den Fragebogen zum Studieninteresse nach Schiefele et al. (1993) anlehnt. Weiterhin wurden Abiturgesamtnote, Studiengang und Hochschule erfragt. Fachwissen und Fachinteresse wurden sowohl im Prä- als auch im Posttest erhoben.

Die qualitative Inhaltsanalyse der Klausuraufgaben wurde nach Mayring (2008) durchgeführt. Für die Rasch-Analyse der Schwierigkeit der Klausuraufgaben wurden neben den Punktzahlen der Studierenden in den einzelnen Klausuraufgaben auch die Ergebnisse im Fachwissentest (Prä- und Posttest) als Ankeritems einbezogen. Für die Rasch-Analyse wurde die erste Nachklausur nicht betrachtet. Die Regressionsanalysen wurden nach der Einschlußmethode blockweise durchgeführt. Für die Moderationsanalysen wurden alle interagierenden Variablen zentriert.

Ergebnisse & Diskussion

In der Klausur erreichen die Studierenden im Schnitt die für das Bestehen erforderliche Punktzahl (50 %). Die Münchner Chemiestudierenden liegen dabei mit 68 % der maximal erreichbaren Punktzahl weit über und die Essener Lehramtsstudierenden mit 37 % weit unter diesem Wert.

Der Vergleich der Klausuren mittels qualitativer Inhaltsanalyse zeigt, dass kaum inhaltliche Unterschiede vorliegen. In jeder der Klausuren wird ein sehr breites Themenspektrum abgefragt, wobei die meisten Themen in jeder oder fast jeder Klausur vorkommen und wenige Themen nur in einzelnen Klausuren.

Mittels Rasch-Analyse kann weiterhin festgestellt werden, dass sich die Klausuren jedoch hinsichtlich ihrer Schwierigkeit unterscheiden. Die Essener Lehramtsklausur ist die mit Abstand schwierigste Klausur. Danach folgen die Berliner und Essener Chemieklausuren und schließlich die Münchner Klausur und die Berliner Lehramtsklausur.

Prognose der Klausurpunktzahl ($N = 459$)

Tab gibt das Ergebnis der Regressionsanalyse wieder. Signifikante Prädiktoren für die Klausurpunktzahl sind Vorwissen, Abiturgesamtnote, Wunschfach und tendenziell auch die Studienbedingungen. Mit dem Modell können 25,3 % der Varianz der Klausurpunktzahl erklärt werden.

	β	t	p	R ²	ΔR^2
Vorwissen	.208	4.220	.000	.082	.082***
Kogn. F.					
<i>Abinote</i>	-.415	-9.108	.000	.206	.125***
<i>Schlussf. D. Fig.</i>	.031	0.651	.515		
Wunschfach	-.145	-3.464	.001	.230	.024***
Fachinteresse	.030	0.701	.484	.230	.000
Studienbedingungen				.253	.022*
<i>Berlin Chemie</i>	-.090	1.827	.068		
<i>Berlin Lehramt</i>	.064	1.459	.145		
<i>Essen Chemie</i>	.118	2.504	.013		
<i>Essen Lehramt</i>	.078	1.788	.074		
<i>München Lehramt</i>	.147	3.127	.002		

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Tab. 2: Ergebnis der multiplen linearen Regressionsanalyse zur Prognose der Klausurpunktzahl ($N = 459$)

Die Moderationsanalysen für dieselbe Stichprobe zeigen, dass ausschließlich Interaktionen zwischen einer Studierendengruppe und einer anderen Variable vorliegen, so zwischen den Berliner Chemiestudierenden und der Abiturgesamtnote bzw. dem Fachinteresse und

außerdem den Essener Lehramtsstudierenden und dem Vorwissen. Dieses Ergebnis zeigt, dass sich die Studierendekohorten zu sehr unterscheiden, um gemeinsame Interaktionen vorweisen zu können. Es wird daher nun im Folgenden die Studienerfolgsprognose wiederholt, aber dieses Mal hinsichtlich der Punktzahl in Klausur und Posttest.

Prognose der Klausur- und Posttestleistung (N = 236)

Es werden die 236 Studierenden ausgewählt, die sowohl an der Klausur als auch am Posttest teilgenommen haben. Die Ergebnisse der Regressionsanalysen für beide abhängige Variablen (hier nicht dargestellt) zeigt, dass die Bedeutung des Vorwissens für den Posttest höher ist als für die Klausur, was damit zusammenhängt, dass derselbe Fachwissenstest im Prä- und Posttest eingesetzt wurde und somit ein engerer Zusammenhang zwischen den beiden Tests als zwischen Test und Klausur angenommen werden kann. Zudem erfragt die Klausur ein viel breiteres Wissen als der Fachwissenstest, was die Prognosekraft des Prätests auf die Klausur zusätzlich einschränkt. Im Gegensatz dazu haben die kognitiven Fähigkeiten und auch das Wunschfach eine höhere Bedeutung für das Klausurergebnis. Das könnte damit zusammenhängen, dass die Studierenden wesentlich höher motiviert sind, die Klausur zu bestehen als den Posttest. Dementsprechend strengen sie sich auch viel stärker an und fordern sich selbst viel mehr auf dem kognitiven Niveau. Die Studienbedingungen zeigen auf die Posttestleistung einen sehr starken Effekt. Für die Klausur sind sie in dieser Stichprobe dagegen überhaupt nicht von Bedeutung. Da sich beide Regressionsmodelle lediglich hinsichtlich ihrer abhängigen Variable unterscheiden, zeigt dieses Ergebnis eindeutig, dass die Klausuren verschieden sein müssen. Diese Tatsache wird noch durch die Ergebnisse der Moderationsanalysen zur Posttestleistung unterstrichen. Dort findet man im Unterschied zu den Moderationsanalysen zur Klausurpunktzahl auch Interaktionen, die studierenden-gruppenübergreifend sind. Es liegen neben drei gruppenspezifischen Interaktionen auch Wechselwirkungen zwischen Vorwissen und Abiturgesamtnote bzw. schlussfolgerndem Denken vor. Für den Posttest als objektives Leistungsmaß ist es also möglich, Interaktionen zu finden, die für alle Studierenden gleichermaßen gelten, unabhängig von ihrer Studiengang- und Hochschulzugehörigkeit. Die in dieser Art operationalisierten Studienbedingungen sind in der Klausur implizit bereits enthalten, z.B. in Form der subjektiven Bewertungsmaßstäbe der jeweiligen DozentInnen.

Es stellt sich die Frage, was die Unterschiedlichkeit der Klausuren bedingt. Qualitative Inhaltsanalyse und Rasch-Analyse haben bereits gezeigt, dass der Inhalt weniger zur Verschiedenheit der Klausuren beiträgt als die Schwierigkeit. Was die Klausuren unterschiedlich schwierig macht und welche Rolle genau die Studienbedingungen dabei spielen, muss noch geklärt werden. Es sind weitere Analysen vonnöten, um diese Fragen beantworten zu können.

Literatur

- Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L. (2004). *Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material*. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag, 5-10
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2012). *Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen*. Hannover: HIS GmbH
- Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Weinheim: Beltz
- Schiefele, U., Krapp, A. & Winteler, A. (1992). Interest as a Predictor of Academic Achievement: A Meta-Analysis of Research. In K. A. Renninger, S. Hidi & A. Krapp (Hrsg.), *The Role of Interest in Learning and Development*. Hillsdale [u.a.]: LEA, 183-212
- Schiefele, U., Krapp, A., Wild, K.-p. & Winteler, A. (1993). Der Fragebogen zum Studieninteresse (FSI). *Diagnostica*, 39, 335-351
- Schneider, W., Körkel, J. & Weinert, F. E. (1990). Expert Knowledge, General Abilities, and Text Processing. In W. Schneider, & F. E. Weinert (Hrsg.), *Interactions among aptitudes, strategies, and knowledge in cognitive performance*. Springer: New York, 235-251
- Wilhelm, O., Schroeders, U., & Schipolowski, S. (2009). BEFKI. Berliner Test zur Erfassung fluider und kristalliner Intelligenz [Berlin test of fluid and crystallized intelligence]. Unveröffentlicht

Fachwissen von Lehramtsstudierenden zum Struktur-Eigenschafts-Konzept

Forschungsmotivation

Lehramtsstudierende müssen zwei Kategorisierungssysteme für chemische Inhalte kombinieren: in der Universität wird ihnen Chemie traditionell entlang der Fachbereiche Anorganische, Organische und Physikalische Chemie präsentiert, in ihrem späteren Beruf sollen sie chemische Inhalte aber nach den Basiskonzepten strukturiert vermitteln. Inwieweit den angehenden Lehrkräften diese Verzahnung der Kategorisierungssysteme bereits in ihrer universitären Ausbildung gelingt, soll anhand von einem Basiskonzept untersucht werden. Für den Bereich der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen wird im Rahmen des KiL-Projekts (Messung professioneller Kompetenzen in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen) ein Test entwickelt, welcher Aufgaben mit traditionellen Inhalten aus den Fachbereichen der Anorganischen und Organischen Chemie enthält. Folgende Forschungsfragen sollen dabei u.a. geklärt werden:

- Welche Ausprägungen im Fachwissen zeigen Lehramtsstudierende bezogen auf Struktur-Eigenschafts-Beziehungen?
- Inwiefern ist über den Verlauf des Studiums beim Fachwissen zu den Struktur-Eigenschafts-Beziehungen eine Entwicklung des Verständnisses zu beobachten?

Entwicklung eines ersten Aufgabenpools

Die Kategorisierung von Aufgaben in universitären Lehrwerken und Klausuren ergab eine erste Differenzierung des Struktur-Eigenschafts-Konzepts in zwei inhaltliche Fachaspekte: *Eigenschaften*, wobei hier hauptsächlich Siedetemperaturen, Löslichkeit, Acidität, Aromatizität, Farbigkeit, etc. betrachtet werden, und *Reaktionsverhalten*, worunter z.B. Auswirkungen funktioneller Gruppen, Stabilität von Isomeren oder Zwischenstufen, sowie bestimmte Reaktionsverläufe wie z.B. nukleophiler Angriff fallen. Da der im Basiskonzept ebenfalls explizit angesprochene Teil der Strukturen bei der Bearbeitung von Aufgaben explizit oder implizit genutzt werden muss, um beide Aspekte zu erklären und zwischen ihnen zu vermitteln, wird er hier nicht als eigenständiger Aspekt betrachtet. Um für beide Inhaltsaspekte eine Vielfalt an Aufgaben zu erhalten, wurden zwei weitere Systeme herangezogen (vgl. Abb. 1): Zum einen wurde die in der Chemie geläufige fachliche Kategorisierung gemäß des chemischen Dreiecks bzw. chemischen Tetraeders (vgl. Johnstone, 1982 bzw. Mahaffy, 2006, Unterscheidung in *makroskopisch*, *submikroskopisch*, *symbolisch* und *kontextuell*) genutzt, wobei diese im Modell unter dem Begriff *chemische Blickwinkel* zu finden sind. Hierbei ist anzumerken, dass Aufgaben nicht einzelnen Ecken des Tetraeders zugeordnet werden sollten, sondern stets unterschiedlichen Kombinationen aus diesen. Zum anderen wurde die auch auf andere Fächer übertragbare Kategorisierungsmöglichkeit der Hierarchischen Komplexität (vgl.

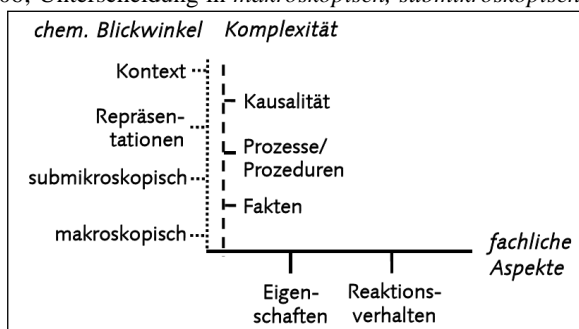


Abb. 1: Modell zur Aufgabenerstellung

Commons et al., 1998) herangezogen. Für diese Kategorisierungsmöglichkeit wurde auf die Spezifizierung nach Bernholt fokussiert (vgl. Bernholt, 2010), wobei nur die drei Bereiche *Fakten*, *Prozesse/Prozeduren* und *Kausalität* genutzt wurden.

In dieses Modell wurden aus Klausuren und Lehrbüchern gesichtete und z.T. adaptierte Aufgaben sowie in der Literatur (vgl. u.a. Barker, 2000; Butts & Smith, 1997; O'Dwyer & Childs, 2011) und von Dozenten beschriebene Schwierigkeiten als Aufgaben formuliert eingeordnet. Diese Aufgaben wurden anschließend von drei Chemieprofessoren im Hinblick auf Verständlichkeit, Schwierigkeit und Sinnhaftigkeit bewertet und mit Chemie-Lehramtsstudierenden im Sinne eines Lauten Denkens präpilotiert.

Erste Ergebnisse der Pilotierung

Die resultierenden Aufgaben (jeweils etwa 30 zu den beiden Fachaspekten) unterschiedlicher Itemformate wurden gemeinsam mit weiteren Items zum fachdidaktischen und pädagogischen Wissen im Verlauf des Sommersemesters 2012 an verschiedenen deutschen Universitäten pilotiert. Dabei wurden Daten von 220 Chemie-Lehramtsstudierenden verschiedener Fachsemester und mit angestrebter Lehrbefähigung für sowohl die Sekundarstufe I als auch die Sekundarstufe II erhoben.

Die Pilotierungsergebnisse, an dieser Stelle fokussiert auf die Aufgaben zum Inhaltsaspekt *Eigenschaften*, zeigen, dass die einzelnen normierten Items stark in ihrer Schwierigkeit variieren (vgl. Abb. 2), wobei sie mit einer durchschnittlichen Itemschwierigkeit von 0,4 ein wenig zu schwer für die Probanden sind.



Abb. 2: Itemschwierigkeit der Eigenschafts-Items

Betrachtet man die Items detaillierter, so deuten sich das Itemformat und die Komplexität der Aufgaben als schwierigkeitsrelevante Faktoren an (vgl. Tab. 1), wohingegen die Fachrichtung, also die Einteilung nach Aufgaben zur Anorganischen Chemie bzw. Organischen Chemie, keinen Einfluss zu haben scheint.

Neben diesen formalen Zuordnungsmöglichkeiten ergibt eine stärker inhaltliche Analyse der Items, dass sich bezogen auf einzelne Aspekte des Struktur-Eigenschafts-Konzept eine Entwicklung andeutet. Vier Items, die den Aspekt der Wasserstoffbrückenbindungen explizit in der Aufgabe enthalten bzw. bei denen dieser zur Beantwortung der Aufgabe herangezogen

Itemformat	Durchschnittliche Itemschwierigkeit	Komplexität	Durchschnittliche Itemschwierigkeit
offen	,31	Fakten	,49
halb-offen	,48	Prozesse	,38
geschlossen	,50	Kausalität	,34
Mischform	,28	Fachrichtung	
		Anorg. Chemie	,40
		Org. Chemie	,40

Tab. 1: Hinweise auf schwierighkeitsrelevante Faktoren

werden muss, weisen nicht nur unterschiedliche Itemschwierigkeiten auf, sie unterscheiden sich auch in den enthaltenen Beispielen (von konkreten zu allgemeinen bzw. von schulnahen zu schulfernen Substanzen). Darüber hinaus scheinen die Vorgabe expliziter Strukturformeln die Aufgaben leichter, das eigene Konstruieren von Strukturformeln die Aufgaben schwerer zu machen. Ebenso deutet sich bei der Übertragung des Konzepts der Wasserstoffbrückenbindungen auf Substanzen mit Stickstoff anstelle des üblicherweise verwendeten Sauerstoffs auch eine Erhöhung der Schwierigkeit an.

Weiteres Vorgehen

Auch wenn sich die o.g. Hinweise auf unterschiedliche schwierighkeitsrelevante Faktoren sowie eine Entwicklung innerhalb des Konzepts abzeichnen, so sind weitere Detail-Analysen und statistische Überprüfungen nötig, um konkretere Aussagen machen zu können. Darüber hinaus ist eine Analyse der Items gemäß der *chemischen Blickwinkel* geplant, um diesen und ggf. weitere Faktoren im Hinblick auf eine Itemschwierigkeit untersuchen zu können (z.B. Zeitpunkt der letzten Fachprüfung, Bekanntheitsgrad der Beispiele...). Des Weiteren erfolgen weitere Analysen der offenen Items, um aus den von den Studierenden fälschlicherweise zur Argumentation herangezogenen Inhaltsaspekten mögliche Distraktoren für geschlossene Items zu generieren.

Neben der Analyse der Items zum anderen Inhaltsaspekt *Reaktionsverhalten* sowie der Items zum fachdidaktischen Wissen und einer sich anschließenden Generierung von reliablen Skalen für die Haupterhebung im Sommersemester nächsten Jahres sollen in einem weiteren Schritt Korrelationen zwischen den beiden fachlichen und fachdidaktischen Aufgaben sowie der hier vorgestellten Items zum Struktur-Eigenschafts-Konzept mit den ebenfalls im Projekt erhobenen Items zu chemischen Repräsentationen (vgl. dazu Teilprojekt von Taskin et al., 2013, in diesem Band) untersucht werden.

Literatur

- Bernholt, S. (2010). Kompetenzmodellierung in der Chemie - Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität. Berlin: Logos Verlag
- Butts, B. & Smith, R. (1997). HSC Students' Understanding of the Structure and Properties of Molecular and Ionic Compounds. *Research in Science Education*, 17, 192-201
- Commons, M.L., Trudeau, E.J., Stein, S.A., Richards, F.A. & Krause, S.R. (1998). Hierarchical complexity of tasks shows the existence of developmental stages. *Developmental Review*, 18, 237-278.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and Micro-Chemistry. *School Science Review* 64, 377-379
- Kind, V. (2004). Beyond Appearances: Students' Misconceptions about Basic Chemical Ideas. 2nd Edition. Royal Society of Chemistry: London. Last accessed Sept 2012 at http://www.rsc.org/images/Misconceptions_update_tcm18-188603.pdf
- Mahaffy, P. (2006). Moving Chemistry Education into 3D – A Tetrahedral Metaphor for Understanding Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 83 (1), 49-55
- O'Dwyer, A. & Childs, P.E. (2011). *Second Level Irish pupils' and teachers' view of Difficulties in Organic Chemistry*, presented at ESERA (European Science Education Research Association) Conference 5-9 Sept 2011

Fachwissen von Lehramtsstudierenden zu chemischen Repräsentationen

Forschungsmotivation

Die Chemie als Naturwissenschaft kennzeichnet sich durch eine große Vielfalt an chemischen Repräsentationen aus, angefangen bei einfachen Abbildungen von realen Phänomenen über Strukturdarstellungen bis hin zu mathematischen Darstellungen. All diese Repräsentationen haben ihren speziellen Bedeutungsinhalt und werden in Abhängigkeit davon zu unterschiedlichen Zwecken genutzt. Allen gemeinsam ist, dass sie als ein für die Chemie unverzichtbares Kommunikationsmittel fungieren (Taasobshirazi & Glynn, 2009). Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass Tafelanschriften in Chemie-Veranstaltungen sowie chemische Fachbücher zu einem großen Anteil aus chemischen Repräsentationen bestehen. Um nun die fachlichen Inhalte, die eben durch diese Repräsentationen zum Ausdruck gebracht werden, erfassen zu können, scheint es notwendig, zunächst die chemischen Repräsentationen zu verstehen (vgl. Flener Lovitt & Kelter, 2010), z.B. nach welchen Regeln sie aufgestellt werden, welche Funktion sie haben, was sie bedeuten und ebenso was sie nicht bedeuten. Entsprechend wird an Chemie-Studierenden die Anforderung gestellt, dass sie im Laufe des Studiums nicht nur ein Verständnis der fachlichen Inhalte aufbauen, sondern auch ein Verständnis der chemischen Repräsentationen. Bezüglich dieser Anforderung wurden folgende Forschungsfragen formuliert:

- Wie ausgeprägt ist das Fachwissen von Lehramtsstudierenden bezüglich chemischer Repräsentationen?
- Wie unterscheiden sich die Herangehensweisen von Lehramtsstudierenden sowie Chemikerinnen und Chemikern an chemische Repräsentationen?

Forschungsfrage 1 – Entwicklung von Testaufgaben

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurden offene sowie geschlossene Testaufgaben entwickelt. Dabei wurde das in Abbildung 1 gezeigte Rahmenmodell zu Grunde gelegt. Demnach unterscheiden sich die Aufgaben zum einen hinsichtlich der darin vorkommenden Repräsentationsform und zum anderen hinsichtlich der Operation, die in den jeweiligen Aufgaben ausgeführt werden soll. Der Grund für die Wahl dieser beiden Achsen liegt darin, dass sowohl die Repräsentationsform als auch die Operation als mögliche Schwierigkeitsgenerierende Faktoren angenommen werden.

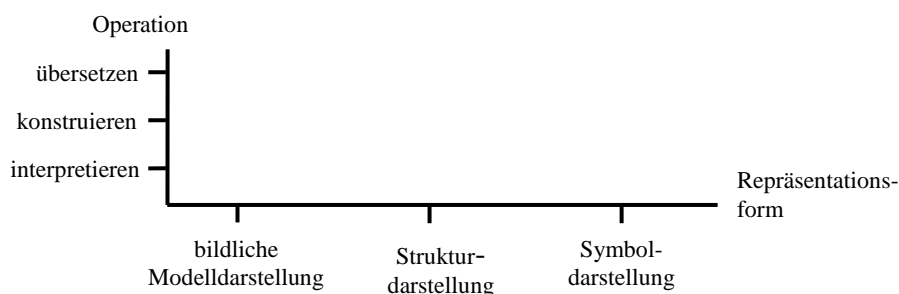


Abb. 1: Rahmenmodell für die Entwicklung der Fachwissensaufgaben

Zwecks inhaltlicher Validierung wurden zum einen Klausuren und Lehrbücher gesichtet und zum anderen bestehende Verständnisschwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern sowie Studierenden mit chemischen Repräsentationen in der nationalen und internationalen Fachliteratur recherchiert. Ausgewählte Aufgaben aus Klausuren bzw. aus bisher in der Literatur bestehenden Tests wurden aufgegriffen und entsprechend adaptiert. Einige der Aufgaben wurde auf der Grundlage der recherchierten Verständnisschwierigkeiten erstellt. Alle entwickelten Fachwissensaufgaben wurden drei Chemieprofessoren zur Bewertung vorgelegt. Bewertet werden sollten die Verständlichkeit, Schwierigkeit und Sinnhaftigkeit der Aufgaben sowie deren Formulierung. Im Anschluss daran wurden die Aufgaben mit Chemie-Lehramtsstudierenden unter Verwendung des Lauten Denkens präpilotiert. Nach einer umfassenden Überarbeitung wurden 45 Aufgaben, verteilt auf zwei Testhefte, an zehn deutschen Universitäten mit 220 Chemie-Lehramtsstudierenden der Sekundarstufen I und II aus unterschiedlichen Semestern pilotiert.

Exemplarische Ergebnisse der Pilotierung

Die in der Pilotierung eingesetzten Aufgaben wurden testheftweise ausgewertet. Vorläufige exemplarische Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt. Mit einer durchschnittlichen Itemschwierigkeit von .50 bzw. .54 waren die Aufgaben für die vorliegende Probandengruppe

weder zu leicht noch zu schwer. Abbildung 2 zeigt außerdem, dass die Itemschwierigkeiten der Aufgaben in Testheft 1 stark um den Mittelwert streuen. Dies trifft auch auf Testheft 2 zu. Bei der Betrachtung der Itemschwierigkeiten der Aufgaben in Testheft 1 – eingeteilt einmal nach der in der Aufgabe verlangten Operation und einmal nach der Repräsentationsform – scheinen sowohl die Operation als auch die Repräsentationsform nur einen sehr geringen Einfluss auf die Schwierigkeit der Aufgaben zu haben (siehe Tabelle 2). Zur Überprüfung dieser Aussage werden weitere statistische Analysen durchgeführt. Mit einer Korrelation von $r = .25$ ($p < 0.05$; $n = 82$) besteht ein geringer Zusammenhang zwischen der von den einzelnen Probanden im Test erreichten Gesamtpunktzahl und der studierten Semesteranzahl.

	Testheft 1	Testheft 2
Anzahl der Items	22	23
Anzahl der Probanden	82	75
Reliabilität	.76	.83
Itemschwierigkeit (\bar{X})	.50	.54

Tab. 2: Exemplarische Ergebnisse der Pilotierung

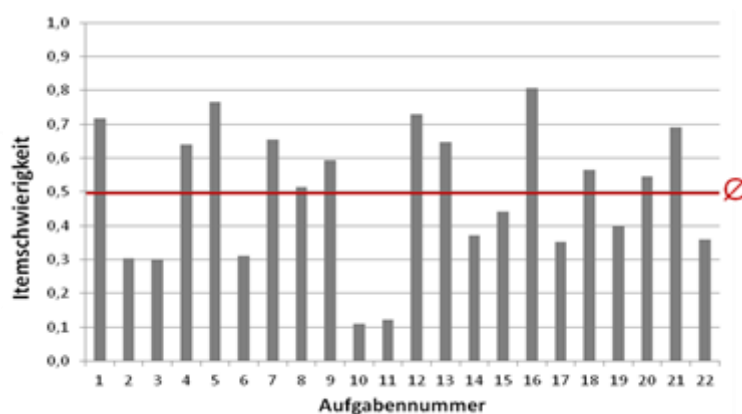


Abb. 2: Itemschwierigkeiten der Aufgaben in Testheft 1

Operation	durchschnittliche Itemschwierigkeit	Repräsentationsform	durchschnittliche Itemschwierigkeit
interpretieren	.53	bild. Modelldarstellung	.60
konstruieren	.44	Strukturdarstellung	.48
übersetzen	.52	Symboldarstellung	.43

Tab. 3: Durchschnittliche Itemschwierigkeiten der Aufgaben in Testheft 1 eingeteilt nach der Operation und Repräsentationsform

Forschungsfrage 2 – Eye-Tracking

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden mit 3 Chemikern und 9 Chemie-Lehramtsstudierenden Interviews durchgeführt. In den Interviews sollten die Probanden verschiedene Aufgaben zu chemischen Repräsentationen am Eye-Tracker lösen und ihren Gedankengang im Sinne des Lauten Denkens beschreiben, wobei ihre Augenbewegungen aufgezeichnet wurden. Beispielsweise war in einer Aufgabe die Struktur des Chlorophyll-Moleküls gegeben und die Probanden wurden aufgefordert, diese Struktur zu beschreiben und nach Möglichkeit zu benennen. Als Ergebnis der Messung der Augenbewegungen wurden sogenannte *heat maps* generiert, die durch farbliche Kennzeichnung angeben, auf welche Stellen der gegebenen Repräsentationen die Probanden am längsten und häufigsten hingeschaut haben. Die erste Auswertung der Aussagen der Probanden bezogen auf die oben genannte Aufgabe ergab, dass die Chemie-Lehramtsstudierenden weitaus kleinere, dafür mehrere einzelne Struktureinheiten bei ihrer Beschreibung nannten („Fünfringe“ bzw. „Heterozyklen“) während die Chemiker größere Einheiten identifizierten („Porphyrinring“). Die *heat maps* konnten die Aussagen der Probanden insofern widerspiegeln, als dass in ihnen diejenigen Stellen der gegebenen Struktur gekennzeichnet waren, die von den Probanden auch explizit zum Ausdruck gebracht wurden. Entsprechend waren die *heat maps* der Chemie-Lehramtsstudierenden an mehreren Stellen farblich gekennzeichnet, die der Chemiker häufig nur an einer Stelle. Außerdem konnte aufgrund der höheren Farbintensität in den *heat maps* der Chemie-Lehramtsstudierenden darauf geschlossen werden, dass diese zur Erfassung und Beschreibung der gegebenen Struktur mehr Zeit benötigt haben als die Chemiker. Der Eye-Tracker hat in diesem Zusammenhang somit eine Validierungsfunktion für die Aussagen der Probanden übernommen.

Ausblick

Neben einer weiteren detaillierteren Analyse der einzelnen Items soll weiterhin untersucht werden, inwiefern das Fachwissen und fachdidaktische Wissen von Chemie-Lehramtsstudierenden (vgl. Herzog, Taskin, Bernholt, Steffensky, Parchmann, 2013, in diesem Band) zusammenhängen (Krauss et al., 2008).

Literatur

- Flener Lovitt, C. & Kelter, P. (Eds.) (2010). Chemistry as a second language: Chemistry education in a globalized society. Washington, D.C.: American Chemical Society
- 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
- Taasoobshirazi, G., & Glynn, S. M. (2009). College students solving chemistry problems: A theoretical model of expertise. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (10), 1070-1089

Untersuchung zum Zusammenhang zwischen professioneller Handlungskompetenz und Unterrichtsplanung

Theoretischer Hintergrund

Die professionelle Handlungskompetenz einer Lehrperson wird als wesentlicher Einflussfaktor auf das Handeln im Unterricht und auf die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern angenommen (Hattie, 2010). Baumert und Kunter (2011) betrachten das Professionswissen, die Überzeugungen/Werthaltungen, die motivationalen Orientierungen und die selbstregulativen Fähigkeiten von Lehrpersonen als kategorial getrennte Aspekte ihrer professionellen Handlungskompetenz. Beim Professionswissen differenzieren sie zwischen Fachwissen, allgemein pädagogischem Wissen und fachdidaktischem Wissen. Ein Einfluss des Professionswissens auf das Handeln im Unterricht konnte bisher empirisch nicht umfassend belegt werden (Borko, Roberts, & Shavelson, 2008; Fischler, 2008). Der fehlende Einfluss des Professionswissens kann dadurch erklärt werden, dass das Professionswissen nicht direkt in Handeln umgesetzt werden kann und es erst durch konkrete kognitive Entscheidungsprozesse während der Unterrichtsplanung handlungsleitend wird. Denn während der Unterrichtsplanung muss die Lehrperson zwischen ihrem Professionswissen, ihren Überzeugungen und ihrer Antizipation von Lernverhalten abwägen, um Entscheidungen treffen zu können, die den Unterricht betreffen (Peterson, Marx, & Clark, 1978; Shavelson & Stern, 1981). Mit zunehmender Erfahrung bei der Unterrichtsplanung entwickeln Lehrpersonen Skripte für diese Entscheidungen, die sie leicht aus dem Gedächtnis abrufen können (Borko & Livingston, 1989). Diese Skripte sind geprägt durch hierarchische Strukturen, die sich in Abhängigkeiten von Entscheidungen in Planungsbereichen widerspiegeln (Westerman, 1991; Zahorik, 1975).

Im Rahmen der Studie soll der Zusammenhang zwischen der professionellen Handlungskompetenz und den entwickelten Skripten für die Unterrichtsplanung untersucht werden. Die entsprechenden Forschungsfragen lauten hierfür:

- Inwieweit hängt die professionelle Handlungskompetenz mit der Abrufbarkeit der Skripte für die Unterrichtsplanung von (angehenden) Physiklehrer/-innen zusammen?
- Inwieweit hängt die professionelle Handlungskompetenz mit der Abhängigkeit von Planungsbereichen bei der Unterrichtsplanung von (angehenden) Physiklehrer/-innen zusammen?

Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde die Unterrichtsplanung und die professionelle Handlungskompetenz in einer Online-Erhebung mit Studenten/innen, Referendar/innen und Lehrpersonen (N=69) aus 6 Bundesländern erhoben.

Hierzu wurde ein Online-Instrument für die Erfassung der Unterrichtsplanung in Anlehnung an Interview-Situationen entwickelt. Aus Unterrichtssituationen der IPN-Videostudie wurden 3 Planungsvignetten nachgedreht, die eine Planungssituationen für eine Einführungsstunde, eine Experimentierstunde und eine Transferstunde für den Mechanik-Unterricht der 9. Klasse beschreiben. Zu jeder Planungssituation soll der Proband angeben, in welchem Planungsbereich er als erstes eine Entscheidung treffen würde; danach, ob ihm für diesen Bereich spontan etwas einfällt. Als nächstes soll er angeben, ob er noch weitere Bereiche bei diesem Planungsschritt berücksichtigt. So wird in einem Ja/Nein-Antwort-

format die Abrufbarkeit und die Abhängigkeit von Planungsbereichen erfasst (s. Abb. 1, Frage 2,3,4).

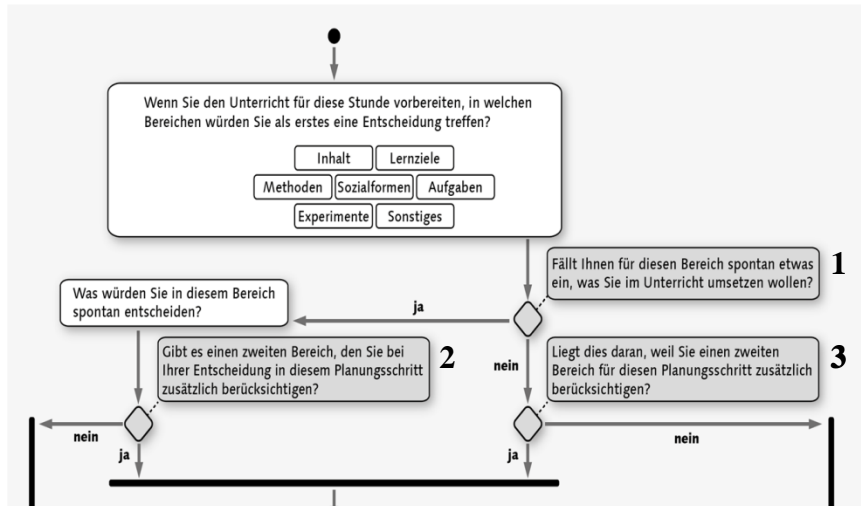


Abb. 1: Auszug aus dem Ablaufdiagramm des Online-Fragebogens

Die Reliabilitäten für die Abrufbarkeit ($\alpha=0,72$) und die Abhängigkeit ($\alpha=0,67$) liegen im akzeptablen bis guten Bereich. Hinweise auf Validität zeigen sich durch einen signifikanten linearen Anstieg der Abrufbarkeit ($F(1, 65)=7.24$, $p<0.05$, $\omega=.30$) und einen signifikanten quadratischen Anstieg der Abhängigkeit ($F(1,60)=5.01$, $p<0.05$, $\omega=.31$) mit zunehmender Erfahrung.

Zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens wurden Skalen aus dem KIL-Projekt verwendet ($\alpha=0,67$; vgl. Kröger, Petersen & Neumann in diesem Tagungsband). Für die übrigen Aspekte der professionellen Handlungskompetenz werden folgende, bereits existierende Skalen verwendet: Werthaltungen zur Unterrichtsplanung ($\alpha=0,79$; Lipowsky, Rakoczy, Buff, & Klieme, 2005), Selbstwirksamkeit ($\alpha=0,72$; Baumert, 2009), Enthusiasmus ($\alpha=0,74$; Baumert, 2009), konstruktivistische Überzeugungen ($\alpha=0,78$; Seidel, Prenzel, Duit & Lehrke, 2006) und selbstregulativen Fähigkeiten ($\alpha=0,79$; Schwarzer & Jerusalem, 1999).

Erste Ergebnisse

Zur Analyse des Einflusses der professionellen Handlungskompetenz auf die Unterrichtsplanung wurde in einem ersten Schritt untersucht, inwieweit die Aspekte der professionellen Handlungskompetenz mit der Abrufbarkeit und der Abhängigkeit zusammenhängen. Hierfür wurden Korrelationen berechnet (s. Tab 1).

Professionelle Handlungskompetenz	Abrufbarkeit	Abhängigkeit
Fachdidaktisches Wissen	-0,07	0,07
Selbstwirksamkeit	0,37**	0,35*
Enthusiasmus	0,45**	0,25
Selbstregulative Fähigkeiten	0,22	0,24
Werthaltungen Unterrichtsplanung	0,32	-0,01
Konstruktivistische Überzeugungen	-0,01	-0,02

* $p<0.05$; ** $p<0.01$

Tab. 1: Korrelationen der Konstrukte

Diskussion

Die Theorie zur Unterrichtsplanung legt nahe, dass Aspekte der professionellen Handlungskompetenz mit der Abrufbarkeit und der Abhängigkeit zusammenhängen. Diese Annahme muss differenziert betrachtet werden. Für das fachdidaktische Wissen und die konstruktivistischen Überzeugungen ist dies aufgrund der Ergebnisse nicht zutreffend. Es zeigen sich allerdings Zusammenhänge mit den motivationalen und selbstregulativen Aspekten der professionellen Handlungskompetenz. Dies legt nahe, dass die Unterrichtsplanung nicht nur durch das Wissen sondern vielmehr durch psychologische Aspekte der professionellen Handlungskompetenz beeinflusst wird. Weiterführende Analysen sollen diese Annahme stützen.

Literatur

- Baumert, J. (2009). Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente. Berlin: Max-Planck-Inst. für Bildungsforschung
- Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COAKTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann, 29-53
- Borko, H., & Livingston, C. (1989). Cognition and Improvisation: Differences in Mathematics Instruction by Expert and Novice Teachers. *American Educational Research Journal*, 26 (4), 473-498
- Borko, H., Roberts, S. A., & Shavelson, R. J. (2008). Teachers' Decision Making: from Alan J. Bishop to today. In A. J. Bishop, P. C. Clarkson, & N. C. Presmeg (Hrsg.), *Critical issues in mathematics education. Major contributions of Alan Bishop*. Springer, 37-67
- Fischler, H. (2008). Fachdidaktisches Wissen und Handlungskompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 27-49
- Hattie, J. A. C. (2010). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement* (Reprinted.). London: Routledge
- Lipowsky, F., Rakoczy, K., Buff, A., & Klieme, E. (2005). Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis". Frankfurt am Main: DIPF
- Peterson, P. L., Marx, R. W., & Clark, C. M. (1978). Teacher Planning, Teacher Behavior, and Student Achievement. *American Educational Research Journal*, 15(3), 417-432
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1999). Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen: Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen. Berlin: R. Schwarzer
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., & Lehrke, M. (2006). Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“. Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften
- Shavelson, R. J., & Stern, P. (1981). Research on Teachers' Pedagogical Thoughts, Judgments, Decisions, and Behavior. *Review of Educational Research*, 51(4), 455-498
- Westerman, D. A. (1991). Expert and novice teacher decision making. *Journal of Teacher Education*, 42 (4), 292-305.
- Zahorik, J. A. (1975). Teachers' planning models. *Educational Leadership*, 33 (2), 134-139

Handlungskompetenz bei Erziehern

Hintergrund der Studie und Fragestellungen

In der Diskussion um die Prozessqualität von Bildungsangeboten im Kindergarten fehlt es bislang an geeigneten Analyseinstrumenten, mit denen sich Handlungskompetenz von Erziehern im Rahmen früher naturwissenschaftlicher Bildung beschreiben und einschätzen ließe. In der vom Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung geförderten Videostudie steht die Analyse von Erzieher-Kind-Interaktionen in Verbindung mit dem Bereich der frühen naturwissenschaftlichen Bildung im Fokus. Insbesondere wird dabei das pädagogische Handeln von Erziehern nach einem Treatment bestehend aus einer 18-monatigen Fortbildungsreihe und prozessbegleitenden Coachings im Hinblick auf im Kindergarten tatsächlich umgesetztes pädagogischen Handeln und Handlungskompetenz untersucht. Handlungskompetenz von Erziehern in diesem bereichsspezifischen Kontext wird von Zimmermann (2011) im Konstrukt der Naturwissenschaftlichen Frühförderkompetenz als Teilkompetenz beschrieben. Diese Anschlussstudie knüpft inhaltlich an den Untersuchungen von Zimmermann (ebd.) an, indem Handlungskompetenz in seinen Subdimensionen operationalisiert und in einem zu generierenden Analyseinstrument erfassbar wird. Im Folgenden sind die beiden Hauptfragestellungen der Studie aufgeführt:

- Wie kann Handlungskompetenz von Erziehern in Kontexten früher naturwissenschaftlicher Bildung in einem Analyseinstrument beschrieben und erfasst werden?
- Wie verändert sich die Handlungskompetenz eines Erziehers in pädagogischen Angeboten im Kindergarten im Längsschnitt?

Studiendesign und Stichprobe

Diese Untersuchung versteht sich als explorative Fallstudie im Längsschnittdesign und reiht sich in das qualitative Forschungsparadigma ein. Als Datenbasis wurden 52 verschiedene pädagogische Angebote mit einer durchschnittlichen Länge von 46 Minuten gefilmt. Die Videos zeigen Erzieher und Kinder bei der Erkundung naturwissenschaftlicher Phänomene und wurden immer zwischen zwei Fortbildungsterminen im Kindergarten aufgezeichnet. Für die Entwicklung des Analyseinstrumentes (Vorstudie) wurden sieben von neun Erzieher-Tandems mit insgesamt 35 von 52 gefilmten Angeboten ausgewählt. Eine erste induktive Annäherung an Kategorien fand mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Zusammenfassung) (Mayring, 2003) von vier vollständig transkribierten Videos statt. In Folge wurde performatives Verhalten der Erzieher und Kinder in 20 weiteren Videos mittels Handlungsbeobachtung und der Software Videograph (Rimmele, 2012) analysiert und in Kategoriensystemen und ihren jeweiligen Kategorien dargestellt. Dabei wurde nach dem Kategorienentwicklungszyklus von Jacobs et al. (1999) vorgegangen.

Zwischenergebnis

Ein Zwischenergebnis der Forschungsarbeit ist die Entwicklung eines Kodierleitfadens. Dieser kann als Erhebungs- und Auswertungsinstrument von Videodaten hinsichtlich der Aktivitäten von Erziehern und Kindern in naturwissenschaftlichen Angeboten im Kindergarten eingesetzt werden. Neun niedrig-inferente und nominalskalierte Kategoriensysteme wurden entwickelt und drei Ebenen zugeordnet, wobei der Grad der Konkretheit vom ersten bis zum neunten Kategoriensystem zunimmt. Die Makroebene beschreibt auf der Sichtstruktur die Angebotsartikulation und die Kooperationsformen. Mit der Mesoebene sind sprachliche und

nicht-sprachliche Aktivitäten von Erziehern und Kindern ebenfalls auf der Sichtstruktur erfasst. In der Mikroebene finden sich zwei Kategoriensysteme auf der Tiefenstruktur, die theoretisch durch die Sprechakttheorie nach Austin und Searle (vgl. Linke, Nussbaumer & Portmann, 1996, S. 182f.) fundiert sind. Zum einen soll erfasst werden, welche Absichten Erzieher mit ihren sprachlichen Handlungen haben (Illokution), zum anderen soll die mit der sprachlichen Äußerung der Erzieherin beabsichtigte Handlung der Kinder in den Blick genommen werden (Perlokution), um sie mit den sprachlichen und nicht-sprachlichen Handlungen der Kinder (Kategoriensystem 5) zu vergleichen.

Ebene	Nr.	Kategoriensystem
Makro	1	Angebotsartikulation (z.B. <i>Hinführen, Ausprobieren, Austauschen...</i>)
	2	Kooperationsform (z.B. <i>Großgruppe, Kleingruppe, Partner...</i>)
Meso	3	Sprachliche Handlung des Erziehers (z.B. <i>Frage, Aussage, Anweisung...</i>)
	4	Nicht-Sprachliche Handlung des Erziehers (z.B. <i>beobachten, aktivieren...</i>)
	5	Sprachliche und nichtsprachliche Handlung der Kinder (z.B. <i>handeln, sprechen, handeln und sprechen...</i>)
	6	Sprachliche Handlung der Kinder (z.B. <i>fragen, erklären, beschreiben...</i>)
	7	Nichtsprachliche Handlung der Kinder (z.B. <i>beobachten, sich organisieren...</i>)
Mikro	8	Absicht des Erziehers mit Sprachhandlung (z.B. <i>strukturieren, aktivieren...</i>)
	9	Beabsichtigte Handlung bei Kindern mit Sprachhandlung des Erziehers (z.B. <i>handeln, sprechen, handeln und sprechen...</i>)

Tab. 1: Kategoriensysteme

Für erste Überprüfungen der Interkoderreliabilität und anschließende kommunikative Validierungen wurden sechs verschiedene Kodierer mit unterschiedlichem Grad der Involviertheit in das Fachgebiet und in die Entwicklung des Kodierleitfadens eingesetzt. In den ersten beiden Durchgängen wurde für dieselbe Sequenz (20 Intervalle, Erzieher: E16, E18) in einem Zeitstichprobenplan mit 5sek-Intervall kodiert, während bei der dritten Überprüfung eine Sequenz aus einem anderen Video (42 Intervalle, Erzieher: E11; E13, 5sek-Intervall) kodiert wurde. Für die Berechnung des Reliabilitätskoeffizienten (Cohen's Kappa) wurden die Kodierer paarweise betrachtet. Laut Wirtz und Caspar (vgl. 2002, S. 59) können für einen Kappa-Wert für nominalskalierte Kategoriensysteme ab 0,6 eine gute und ab 0,75 eine sehr gute Übereinstimmung angenommen werden (vgl. graue Felder in Tab. 2-4). Die folgenden Tabellen zeigen die Entwicklung der Cohen's Kappa-Werte und Mediane über die drei Überprüfungsdurchgänge in Abhängigkeit der Kodiererpaare für die Kategoriensysteme aus der Meso- und Mikroebene. Da in jedem Video für ein Erzieher-Tandem kodiert wurde, finden sich in den Tabellen für die Erzieher (E16, E18, E11, E13) doppelte Werte für die entsprechenden Kategoriensysteme.

Kodierer	3E16	3E18	4E16	4E18	5	6	7	8E16	8E18	9E16	9E18
Paar 1: 3+1	0,33	0,39	0,6	0,55	0,76	0,45	0,23	0,34	0,24	0,15	0,5
Paar 2: 3+2	0,29	0,2	0,68	0,93	0,1	0,41	0,08	0,35	-0,03	0,23	0,54
Paar 3: 1+2	0,65	0,08	0,48	0,49	0,07	0,52	0,71	0,36	-0,05	0,49	0,57
MEDIAN	0,33	0,2	0,6	0,55	0,1	0,41	0,23	0,34	-0,03	0,23	0,54

Tab. 2: Erste Interkoderreliabilitätsüberprüfung, 2./3.07.2012, Cohen's Kappa-Werte

Kodierer	3E16	3E18	4E16	4E18	5	6	7	8E16	8E18	9E16	9E18
Paar 4: 4+5	0,5	0,27	0,38	0,69	0,54	0,66	0,24	0,56	0,39	0,46	0,16
Paar 5: 5+1	0,45	0,46	0,58	0,54	0,49	0,86	0,56	0,61	0,62	0,29	0,40
Paar 6: 4+1	0,79	0,48	0,58	0,7	0,22	0,65	0,6	0,75	0,23	0,39	0,26
MEDIAN	0,5	0,46	0,58	0,69	0,49	0,66	0,56	0,61	0,39	0,39	0,26

Tab. 3: Zweite Interkoderreliabilitätsüberprüfung, 10./11.07.2012, Cohen's Kappa-Werte

Kodierer	3E11	3E13	4E11	4E13	5	6	7	8E11	8E13	9E11	9E13
Paar 7: 4+6	0,75	0,63	0,25	0,79	0,86	0,57	0,65	0,62	0,43	0,65	0,74
Paar 4: 4+5	0,71	0,67	0,37	0,47	0,75	0,56	0,03	0,56	0,33	0,77	0,64
Paar 6: 4+1	0,91	0,74	0,48	0,49	0,81	0,66	1	0,64	0,56	0,81	0,48
Paar 8: 6+5	0,69	0,56	0,13	0,48	0,72	0,43	0,05	0,71	0,65	0,7	0,71
Paar 9: 6+1	0,79	0,69	0,16	0,6	0,81	0,46	1	0,63	0,57	0,61	0,54
Paar 5: 5+1	0,7	0,58	0,66	0,21	0,66	0,52	0,03	0,51	0,42	0,59	0,52
MEDIAN	0,73	0,65	0,31	0,485	0,78	0,54	0,35	0,625	0,495	0,675	0,59

Tab. 4: Dritte Interkoderreliabilitätsüberprüfung, 28.-30.08.2012, Cohen's Kappa-Werte

Die Werte der Makroebensysteme werden hier nicht dargestellt, weil geringfügige Veränderungen der Kodierregeln zu sehr guter Übereinstimmung führten.

Diskussion und Ausblick

Lückenlos gute bis sehr gute Reliabilität findet sich im Bereich der sprachlichen Handlungen der Kinder (2. Überprüfung (= Ü.)), in der sprachlichen Handlung des Erziehers 3E11(3. Ü.) und in den sprachlichen und nicht-sprachlichen Handlungen der Kinder (5, 3. Ü.). Es können Tendenzen der Verbesserung im Bereich Absicht des Erziehers mit der Sprachhandlung (8E11, 3. Ü.) und bei der Perlokution (9E11, 3. Ü.) festgestellt werden. Gründe für das positive, aber dennoch durchwachsene Bild können unterschiedliche Videos und damit verbunden verschiedene zu beobachtende Kinder und Erzieher sein. Noch bestehende Unklarheiten im Kodierleitfaden können zu diesem uneinheitlichen Ergebnis geführt haben. Eine 4. Interkoderreliabilitätsüberprüfung mit überarbeitetem Kodierleitfaden wird Aufschluss über diese Aspekte geben. In der Literatur werden diverse Verfahren der Reliabilitätsberechnung bei mehr als zwei Kodierern und nominalskalierten Variablen angewendet. Hier verweist Kolb (2004) auf eine bisher häufig unbeachtete Forschungslücke und schlägt vor, den Koeffizienten Alpha zu berechnen. In einem unveröffentlichten Manuskript zu seiner Dissertation schlägt Einhaus (2007) den Einigkeitskoeffizienten Eta vor. Im weiteren Verlauf der Studie wird dem nachgegangen und die entsprechenden Koeffizienten ermittelt. Durch Anwendung des validierten Kodierleitfadens werden in der Hauptstudie Handlungsprofile für ausgewählte Erzieher beschrieben und den Dimensionen von Handlungskompetenz (vgl. Zimmermann 2011) zugeordnet (Abduktion).

Literatur

- Einhaus, E. (2007). Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre - Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen. In H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen (63). Berlin: Logos
- 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, 717-724. http://www.lessonlab.com/v4_RI/files/JacobsKawanakaStigler99.pdf
- Kolb, S., & Hans-Bredow-Institut. (2004). Verlässlichkeit von Inhaltsanalysedaten. Reliabilitätstest, Errechnen und Interpretieren von Reliabilitätskoeffizienten für mehr als zwei Codierer. *Medien. Kommunikationswissenschaft* (52), 335-354, Baden Baden: Nomos.
- Linke, A., Nussbaumer, M., & Portmann, P. R. (1996). Studienbuch Linguistik. Germanistische Linguistik. 3., unveränderte Auflage. Tübingen: Niemeyer.
- Mayring, P. (2003). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim, Basel: Beltz
- Rimmele, R. (2012). Was ist Videograph? Kiel. <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/videograph/videograph.pdf>
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe-Verlag
- Zimmermann, M. (2011). Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten. Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen. In H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen, 128. Berlin: Logos.

Die Rolle des universitären Wissens für das Unterrichtshandeln

Ausgangslage & Problemstellung

Die KMK legte 2008 ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen an die fachliche Lehrerbildung vor, die die Aufgaben der einzelnen Phasen der deutschen Lehramtsausbildung konkretisieren. Ziel der universitären Phase ist dabei primär der Erwerb von Grundkompetenzen der Fachwissenschaften und -didaktik. Unterrichtspraktische Kompetenzen sollen im Vorbereitungsdienst erworben werden, „*zahlreiche Grundlagen dafür werden aber schon im Studium gelernt bzw. angebahnt.*“ (KMK, 2008, S. 3). Allerdings ist bisher umstritten, ob und wie Kenntnisse, die im Studium erworben wurden, auch wirklich grundlegend für das Unterrichten von Lehrkräften sind.

Theoretischer Rahmen

Eine mögliche Beschreibung der Wirkung von Lehrerbildung ist das Modell der Wirkkette der schulischen Bildung. Nach diesem erwerben angehende Lehrkräfte in ihrer Ausbildung Kompetenzen, die sie wiederum befähigen ihren Unterricht so zu gestalten, dass ihren Schülern ausreichende Lernleistungen ermöglicht werden. Als Grundlage zur Beschreibung dieser Kompetenzen wird in aktuellen Forschungsprojekten meist das allgemeine Modell professioneller Handlungskompetenz von Baumert & Kunter (2006) verwendet, das das professionelle Wissen von Lehrkräften als einen zentralen Aspekt von Kompetenz betrachtet und dabei zwischen fachlichem Wissen, fachdidaktischen Wissen und pädagogischem Wissen differenziert.¹ Zur Kompetenzerfassung werden daher meist schriftliche Wissenstests eingesetzt. Der Zusammenhang von explizierbarem Wissen, wie es in einem schriftlichen Test erfasst werden kann, und dem tatsächlichen Unterrichtshandeln ist allerdings theoretisch sowie empirisch ungeklärt (Neuweg, 2011). Ob also ein Professionswissenstest tatsächlich Kompetenz erfasst, muss daher empirisch untersucht werden. Insbesondere die Betrachtung von Tests, die Professionswissen erfassen, das universitär erworben werden soll, bietet dabei eine Möglichkeit, Erkenntnisse zur Bedeutung universitären Wissens für das Unterrichtshandeln zu erhalten. Ein solcher Test ist das Paderborner Instrument zur Erfassung professioneller Handlungskompetenz (angehender) Physiklehrkräfte (Riese, 2009), das für eine Analyse der Wirkung der ersten Ausbildungsphase konzipiert wurde und sich in der Grobstruktur an das Modell von Baumert & Kunter (2006) anlehnt. Der Test bezieht sich auf den Inhaltsbereich der Mechanik.

Design & Methoden

Zur Untersuchung der Handlungsvalidität des Paderborner Instruments wurde zum einen von Studierenden im Fachpraktikum Physik und Lehramtsanwärtern im Vorbereitungsdienst das Professionswissen (sowie Einstellungen und motivationale Orientierungen) mit Hilfe des Instruments erhoben. Zum anderen wurde Unterricht der Befragten unter Schulbedingungen videografiert. Zwischen den Variablenkomplexen Kompetenz und Unterrichtsperformanz wurden anschließend Zusammenhangsanalysen durchgeführt. Im Anschluss an die Videografie geführte *Stimulated-Recall*-Interviews mit den Lehrenden dienten der Erfassung der subjektiven Akteursicht und sollten weitere Hinweise zur Interpretation der Test- und Videodaten liefern. Um den Unterricht vergleichen zu können, wurde bei der Videografie die Einhaltung einiger Rahmenbedingungen angestrebt wie z.B. die Festlegung auf die

¹ Diese Dreiteilung entspricht interessanterweise der klassischen Dreiteilung des Lehramtsstudiums.

Einführung eines physikalischen Konzepts als Unterrichtsziel und die Begrenzung auf zwei Unterrichtsstunden pro Person. Leider konnte aufgrund organisatorischer Schwierigkeiten nicht nur Unterricht zum gleichen physikalischen Inhalt erfasst werden. Zur Beurteilung der Performanz wurde die Qualität des videografierten Unterrichts mit Hilfe verschiedener Methoden analysiert, wobei sechs Qualitätsdimensionen unterschieden wurden: *Motivierung, kognitive Aktivierung, Strukturierung, Adaptivität, Klassenführung* und *adäquater Umgang mit Experimenten*. Diese wiederum wurden in weiteren Subkategorien operationalisiert (zum Design vgl. Vogelsang & Reinhold, 2011).

Ergebnisse zum Zusammenhang von Wissen und Handeln

Insgesamt liegen zum derzeitigen Zeitpunkt Daten von $N_L=8$ Lehramtsanwärtern und $N_S=14$ Studierenden im Fachpraktikum vor. Der Unterricht der Lehramtsanwärter bezieht sich jeweils auf die Einführung des Kraftbegriffs, der Unterricht der Studierenden hatte verschiedene Inhalte zum Gegenstand. Teilweise gibt es weitere Abweichungen von den Rahmenbedingungen. Um einen „breiten“ Überblick über die Qualität zu erreichen, wurde der videografierte Unterricht zunächst hoch-inferent eingeschätzt. Hierzu wurden auf Ebene der Subkategorien Indikatoren formuliert, wobei neben Eigenentwicklungen viele Skalen bestehender Bewertungsinstrumente adaptiert wurden (z.B. Rakoczy et al., 2005). Die Ausprägung der Indikatoren wurde von zwei trainierten Ratern jeweils auf einer vierstufigen *Likertskala* eingeschätzt. Zur weiteren Auswertung wurden anschließend Skalenmittelwerte pro Subkategorie und auf Basis dieser Subkategoriemittelwerte zur Übersicht jeweils ein Mittelwert je Qualitätsdimension gebildet,² wobei Skalen, die keine ausreichende Varianz aufwiesen, bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt wurden. Zur Überprüfung der Interraterreliabilität wurden auf Basis einer Auswahl von elf Videos unjustierte Intraklassenkorrelationskoeffizienten für die Übersichts- und Subskalen bestimmt. Aufgrund der Werte der ICCs ($.66 < ICC_{unjust} < .93$, $p < .05$) wurden sämtliche Videos von beiden Ratern eingeschätzt und anschließend eine kommunikative Einigung hergestellt. Ein Vergleich der Ergebnisse des Kompetenztests mit den Daten von Riese (2009) ergab, dass es sich bei den Probanden eher um eine Positivauswahl handelt. Um überblicksartig zu untersuchen, ob zwischen erfasstem Professionswissen und Unterrichtsqualität ein Zusammenhang festgestellt werden kann, wurden aufgrund der kleinen Stichprobe Rangkorrelationskoeffizienten zwischen Testscore und Qualitätsmittelwerten bestimmt. Bezogen auf die Gesamtgruppe ($N=22$) ergaben sich signifikante Korrelationen nur zwischen dem pädagogischen Wissen und allen Qualitätsdimensionen bis auf die Adaptivität ($.37 < Kendall's \tau < .56$, $p < .05$). Es könnte daher vermutet werden, dass das Vorhandensein fachlichen und fachdidaktischen universitären Wissens kaum einen „Einfluss“ auf die Qualität des Unterrichtshandelns hat. Werden allerdings nur die Studierenden als Gruppe betrachtet, ergeben sich z.B. rangkorrelative Zusammenhänge zwischen dem fachdidaktischen Wissen und der Qualität der Strukturierung ($\tau = .54$, $p < .001$) oder der Motivierung ($\tau = .50$, $p < .05$). Es kann daher die Hypothese formuliert werden, dass universitäres Wissen die Qualität des Unterrichts von Studierenden „erklären“ könnte, Lehramtsanwärter aber bei der Unterrichtsgestaltung verstärkt auf andere Dispositionen zurückgreifen.

Ergebnisse der Interviews

Um diese Hypothese zu fundieren, können Aussagen der Lehramtsanwärter aus den Interviews herangezogen werden. In diesen wurden die Befragten zum einen aufgefordert zu beschreiben, wie sie bei der Unterrichtsplanung typischerweise vorgehen. Zum anderen wurden sie gefragt, welche Kenntnisse ihrer universitären Ausbildung sie für ihren Unterricht heranziehen und welche Kenntnisse sie als relevant erachten. Die Auswertung der

² Bei diesem Vorgehen wird implizit die Intervallskalierbarkeit der Daten angenommen.

Aussagen erfolgte nach der qualitativen Inhaltsanalyse. Der Analysefokus lag auf der Frage, inwiefern die Befragten universitäres Wissen selbst „verwenden“ und es bewerten. Bezogen auf den *Planungsprozess* finden sich keine bzw. wenig Hinweise auf eine bewusste Nutzung universitären Wissens. Vielmehr orientieren sich die Lehramtsanwärter stark an der fachlichen Struktur des Schulwissens, die zeitlich übergreifend betrachtet wird („*Ich gucke mir immer zunächst den Inhalt an, der unterrichtet werden muss, gucke halt in den Lehrplan [...] und schaue mir nicht nur den Inhalt an, der aktuell ist, sondern auch, was danach kommt, [...] um da zu wissen, was ist wichtig.*“). Weiterhin ist ein starker Fokus auf die Planung von sichtbaren Schüleraktivitäten erkennbar, meist an der Entscheidung, ob Schülerversuche durchgeführt werden sollen oder nicht. Bzgl. der *Bewusstheit universitären Wissens* lässt sich feststellen, dass es zwar wenig bewusst verwendet wird, aber ein unbewusster Einfluss nicht ausgeschlossen wird („*Also mir ist das nicht bewusst, dass ich so etwas nutze [...], aber ich glaube, dass man auch trotzdem einiges mitgenommen hat, was man irgendwie unterbewusst verwendet.*“). Generell ist bei den Lehramtsanwärtern auch eine starke Orientierung an den Lehrkräften der Ausbildungsschule erkennbar. Bezüglich der *Situiertheit universitären Wissens* wird es als zu wenig konkret eingeschätzt („*Im Seminar spricht man allgemein über irgendeine Stunde, die man irgendwann mal machen könnte, aber nicht über die Sachen, die konkret für einen wichtig sind. [...] Und das finde ich leider auch an der Uni.*“). Allerdings wird auch geäußert, dass universitäre Kenntnisse - z.B. der Fachdidaktik - erst unter dem Eindruck des Unterrichts im Vorbereitungsdienst als relevant erscheinen. Als hilfreiche fachdidaktische Veranstaltung wurde von vielen Anwärtern das schulorientierte Experimentieren genannt. Insgesamt stützten diese Aussagen die These, dass der Unterricht von Lehramtsanwärtern primär von anderen Dispositionen als universitärem Wissen beeinflusst wird.

Fazit & Ausblick

Insgesamt kann das Paderborner Instrument nicht per se als handlungsvalide angenommen werden. Weiterhin scheint universitäres Wissen für Studierende und Lehramtsanwärter eine unterschiedliche Bedeutung für das Unterrichten zu haben. Weitere Datenanalysen - z.B. kontrastive Einzelfallanalysen - könnten differenziertere Erkenntnisse liefern. Generell sollte in zukünftigen Untersuchungen eine größere Stichprobe unter standardisierteren Bedingungen angestrebt werden. Dennoch liefern die vorliegenden Ergebnisse erste Hinweise zur Einschätzung der Rolle universitären Wissens für angehende Lehrkräfte des Physikunterrichts.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 9 (4), 469-520
- KMK (2008). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008
- Neuweg, G.H (2011). Das Wissen der Wissensvermittler. Problemstellungen, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrerverberuf. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. Münster: Waxmann, 451-477
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos
- Rakoczy, K.; Lipowsky, F.; Buff, A. & Klieme, E. (2005). Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis". Frankfurt am Main: DIPF
- Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2011). Wissen und Handeln angehender Physiklehrkräfte. In D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik - Jahrestagung in Potsdam 2010. Berlin: LIT, 69-71

Fachwissen Physik

Innere Struktur und Faktoren des Wissenserwerbs

Motivation und Zielsetzung

Obwohl in der fachdidaktischen Forschung das fachliche Wissen von Lehrkräften als wesentliche Voraussetzung für den Erwerb fachdidaktischen Wissens und für qualitativ hochwertigen Unterricht gesehen wird (vgl. Baumert & Kunter, 2006), ergeben sich gerade hier in der Physik-Ausbildung an deutschen Hochschulen deutliche Defizite (vgl. Riese, 2009).

Eine mögliche Milderung der Probleme ergibt sich in der Entwicklung adaptiver Interventionsmaßnahmen, also solcher, die die spezifischen Probleme einzelner Studierender oder Studierendengruppen in den Blick nehmen. Zur Entwicklung und Evaluation solcher Maßnahmen ist allerdings eine präzise und differenzierte Diagnose des fachlichen Wissensstandes einzelner Studenten notwendig.

An dieser Stelle setzt das vorgestellte, von der DFG geförderte Projekt an, indem aufbauend auf einem Kompetenzstrukturmodell, das theoriegeleitet hypothetisch formulierte Schwierigkeitserzeugende Aufgabenmerkmale enthält, ein umfassender Kompetenztest entwickelt und pilotiert wird.

Theoretischer Hintergrund

Im Rahmen des genutzten Modells (eine vollständige Darstellung findet sich bei Woitkowski, Riese, Reinhold, 2011) wird fachliches Wissen als Teil des Professionswissen im Rahmenmodell der professionellen Kompetenz von Lehrkräften gesehen (vgl. Riese, 2009). Angeregt durch die Bildungsstandards Physik (KMK, 2005) werden hier zwei Teilmodelle unterschieden: Die *Nutzung von Fachwissen* im engeren Sinne auf der einen und die *Nutzung von Experimenten und Modellen* zur Erkenntnisgewinnung auf der anderen Seite. Die beiden Bereiche *Kommunikation* und *Bewertung* aus den Bildungsstandards finden hier keine weitere Beachtung.

Für jeden der beiden Teilbereiche wurde ein Kompetenzstrukturmodell (vgl. Schecker & Parchmann, 2006) mit drei Dimensionen entwickelt. Als *Inhaltsbereich* wurden aus der Mechanik (vgl. Riese, 2009) die Bereiche *Kinematik*, *Kraft*, *Energie* und *Impuls* genutzt. Als Komplexitätsskala kommt die *hierarchische Komplexität* nach Bernholt (2010) mit den Stufen *Fakten*, *Prozessbeschreibungen*, *lineare Kausalität* und *multivariate Interdependenz* zum Einsatz. Darüber hinaus wird beim *Fachwissen* die *Fach-Stufe* nach Schulwissen (KMK, 2005), *universitärem Wissen* und *vertieftem Wissen* (in Anlehnung an Klein, 1933) unterschieden. Beim Teilmodell zur *Nutzung von Experimenten und Modellen* wird in Anlehnung an das SDDS-Modell (Klahr, 2000) nach *Experiment-* (Auswahl, Zusammenstellung oder Planung von Experimenten zu einer gegebenen wissenschaftlichen Fragestellung oder Hypothese) und *Hypothesen-Suchraum* (Auswertung eines Experiments im Hinblick auf eine gegebene wissenschaftliche Fragestellung oder Hypothese) unterschieden.

Vor dem Hintergrund von Bernholt (2010), Riese (2009) und Hammann, Phan & Bayrhuber (2007) wurden hypothetisch schwierigkeiterzeugende Aufgabenmerkmale benannt: Als *Primäres* schwierigkeiterzeugendes Merkmal kann die *Aufgabenkomplexität* gelten. Als *sekundäre* schwierigkeiterzeugende Merkmale werden *Fach-Stufe* (*Vertieftes Wissen* schwieriger als die anderen Stufen) bzw. *Suchraum* (*Experiment-Suchraum* schwieriger) angenommen. Die Interaktion der primären und sekundären schwierigkeiterzeugenden Merkmale bei der Wirkung auf die gesamte Aufgabenschwierigkeit ist noch zu klären.

Entwickeltes Testinstrument

Aufbauend auf dem theoretischen Modell wurde ein Paper-Pencil-Test entwickelt. In 90 Minuten bearbeitet ein Proband hier insgesamt 32 Items zu *Nutzung von Fachwissen* und 12 Items zur *Nutzung von Experimenten und Modellen*. Dabei sind die ersten 21 Items in jedem Testheft identisch, die folgenden 23 Items existieren in vier verschiedenen Varianten, so dass sich vier verschiedene Testhefte ergeben. Jedes Testheft deckt dabei im Wesentlichen das ganze Modell ab. Je etwa die Hälfte der Items hat dabei ein offenes bzw. ein geschlossenes (Multiple Choice) Aufgabenformat.

Problematik der Validierung der Itemzuordnung

Da die Einordnung der Testitems in das Modell – besonders in Bezug auf die schwierigkeits-erzeugenden Merkmale – einen wesentlichen Faktor für die Aussagekraft des Tests darstellt, wurden Experten-Ratings zur Validierung dieser Zuordnung durchgeführt. Befragt wurden zum jetzigen Zeitpunkt 2 Fachdidaktiker und 1 Fachleiter. Diese erhielten jeweils einen etwa 5-seitigen Überblick über das zugrundeliegende Modell sowie eine DIN A4 Referenzkarte.

Im Ergebnis stellten besonders die Einschätzungen bei hochinferenten Ratings, vor allem bei der *Komplexität* und bei der *Fach-Stufe*, ein Problem dar. Bei der *Fach-Stufe* zeigte sich deutlich die Überlagerung des Begriffs des *Schulwissens* im Rahmen des Modells durch das Konzept des Fachleiters zu diesem Begriff, so dass sich beim Vergleich mit dem Rating der Autoren ein Cohen's κ von nur .403 ergab. Bei der *Komplexität* ergaben sich zwischen allen Ratern wesentliche Unterschiede. Lag das Rating der Autoren etwa in der Mitte, wich das Fachleiter-Rating häufig nach unten ($\kappa = .301$) und das besonders eines Fachdidaktikers nach oben ab ($\kappa = .479$), so dass sich im Vergleich zwischen Fachleiter und Fachdidaktiker fast keine Übereinstimmung mehr ergab ($\kappa = .116$). Das Problem schien hier sowohl an der Unterschiedlichkeit der durch die Rater angenommenen kognitiven Vorgänge beim Lösen der Items als auch beim unterschiedlichen Verständnis einzelner Merkmale der verschiedenen Komplexitätsstufen zu liegen.

Angeregt durch die Arbeit von Einhaus (2007) wird in einer zweiten Rating-Runde ein Entscheidungsbaum eingesetzt. Dieser fragt schrittweise einzelne Indikatoren für verschiedene Einordnungen des Items ins Modell ab, deren Vorhandensein jeweils bejaht oder verneint werden muss. Dabei wurde versucht, Indikatoren zu finden, die Rückschlüsse aus der Oberflächenstruktur, wie z.B. dem Aufgabentext eines Items, auf die Tiefenstruktur, z.B. die Komplexität, ermöglichen. Außerdem können mit diesem Verfahren keine Indikatoren vergessen oder übersehen werden und der Einfluss eigener Begriffsbildungen wird zurückgedrängt.

Pilotierung

Das Testinstrument wurde 2011/2012 mit $N = 100$ Studierenden der Universität Paderborn pilotiert. Erste Ergebnisse wurden bereits auf der Frühjahrstagung der DPG 2012 in Mainz vorgestellt (vgl. Woitkowski, Riese, Reinhold, eingereicht).

Es zeigt sich, dass die beiden Teilmodelle empirisch gut trennbar sind, ein entsprechendes 2D-Rasch-Modell weist eine höchst-signifikant bessere Modellpassung als ein 1D-Modell auf. Weitere Differenzierungen der Dimensionen, z.B. nach *Fach-Stufe*, sind zwar möglich, aber aufgrund der Problematik der Validierung bisher nicht ohne weiteres aussagekräftig.

Die Modellgüte ist für die *Fachwissen*-Dimension durchweg gut (Varianz: 1,309; EAP-Reliabilität: 0,891; WLE-Reliabilität: 0,878). Für die Dimension *Experimente und Modelle* ergibt sich eine zu geringe Varianz der Stichprobe (0,724), worunter auch die Reliabilitäten leiden (EAP: 0,726; WLE: 0,553; vgl. auch die Wright-Map bei Woitkowski et al., eingereicht). Die beiden Dimensionen korrelieren latent mit 0,784.

Der Item-Fit ist durchweg gut (über 120 Items haben $MNSQ < 1,25$; $T < 1,96$).

Erste empirische Erkenntnisse aus der Pilotierung

Eine Regressionsanalyse reproduziert beim *Fachwissen* die Ergebnisse von Riese (2012) recht gut. Bei *Experimenten und Modellen* konnte demgegenüber jedoch außer dem *Fachwissen*-Fähigkeitswert kein signifikanter Einflussfaktor gefunden werden (Details bei Woitkowski et al., eingereicht). Auf der Item-Seite kann mit den Pilotierungs-Daten eine erste Prüfung der Hypothesen zu schwierigkeiterzeugenden Aufgabenmerkmalen vorgenommen werden. Es zeigt sich für beide Skalen eine monoton mit der *Komplexität* ansteigende Aufgabenschwierigkeit. Die Unterschiede der Mittelwerte sind zwischen zwei Komplexitätsstufen jeweils signifikant. Auch das sekundäre Merkmal *Fach-Stufe* zeigt einen systematischen Einfluss: Items des *vertieften Wissens* sind innerhalb einer Komplexitätsstufe jeweils schwieriger als die des *universitären* und diese in den meisten Fällen wieder schwieriger als die des *Schulwissens*. Für den *Suchraum* kann kein analoger Befund berichtet werden. Aufgrund zu geringer Itemzahlen ist fast keiner dieser Unterschiede signifikant.

Fazit

Der entwickelte Test ist bei Studierenden verschiedener Studiengänge einsetzbar, er besitzt gute bis akzeptable Güte-Kennwerte und erlaubt eine empirische Trennung von *Fachwissen* und *Experimenten und Modellen*. Das Experten-Rating zur Validierung der Item-Modell-Zuordnung ergab in einem ersten Durchgang Schwierigkeiten, die durch den Einsatz von Entscheidungsbäumen und einer begleitenden Think-Aloud-Studie überwunden werden sollen. Die Regressionsanalyse reproduziert für das *Fachwissen* die bekannten Ergebnisse und wirft bei *Experimenten und Modellen* die Frage nach möglichen weiteren Einflussfaktoren auf. Die *Komplexität* hat sich als primäres und die *Fach-Stufe* als sekundäres schwierigkeiterzeugendes Merkmal bewährt. Ein systematischer Einfluss des *Suchraums* konnte nicht gefunden werden. Das Testinstrument wird aufgrund dieser Befunde überarbeitet und bei einer Haupterhebung mit $N > 300$ Physikstudenten (Lehramt und Fachbachelor) eingesetzt.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469-520
- Bernholt, S. (2010). Kompetenzmodellierung in der Chemie – Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität. Dissertation. Berlin: Logos-Verlag
- Einhaus, E. (2007). Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre – Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen. Dissertation. Berlin: Logos-Verlag
- Hammann, M., Phan, T.H. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 10, Sonderheft 8, 33-49
- Klahr, D. (2000). Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes. Cambridge, MA: MIT Press
- Klein, F. (1933). Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus. 4. Auflage, Nachdruck 1968, Berlin: Springer
- KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005). Bildungsstandards im Fach Physik (Chemie / Biologie) für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Dissertation. Berlin: Logos-Verlag
- Riese, J., Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 15 (1), 111-143
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 45-66
- Woitkowski, D., Riese, J., Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17, 289-313
- Woitkowski, D., Riese, J., Reinhold, P. (eingereicht). Messung des Fachwissens von Physikstudenten – Erste Ergebnisse einer Pilotstudie. In Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Mainz, Berlin.

Nicola Meschede¹
 Mirjam Steffensky¹
 Marco Wolters²
 Kornelia Möller²

¹IPN Kiel
²Universität Münster

Professionelle Unterrichtswahrnehmung (angehender) Lehrkräfte hinsichtlich der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht (Das Projekt ViU: Early Science)

Professionelle Unterrichtswahrnehmung als Teil der Lehrerexpertise

Die Fähigkeit, Unterrichtssituationen gezielt wahrnehmen und auf ihre Lernwirksamkeit hin analysieren zu können, gilt als ein wichtiger Bestandteil von Lehrerexpertise (z.B. Seidel & Prenzel, 2007). Es wird angenommen, dass diese Fähigkeit zentral für das (spätere) Handeln im Unterricht ist. Denn Lehrkräfte werden im Unterricht häufig mit sehr komplexen Situationen konfrontiert. Nur wenn sie ihre Aufmerksamkeit gezielt auf diejenigen Ereignisse richten, die das Lernen von Schülerinnen und Schülern fördern (oder auch behindern), haben sie die Möglichkeit, diese entsprechend zu interpretieren, um schließlich prompt und angemessen reagieren zu können. Im Rahmen des vorliegenden Projektes wird eine solche Fähigkeit in Anlehnung an Sherin (2007; siehe auch Seidel, Blomberg & Stürmer, 2010) als professionelle Unterrichtswahrnehmung bezeichnet. Sie umfasst das theoriegeleitete Erkennen und Interpretieren lernrelevanter Unterrichtssituationen.

Experten-Novizen-Studien zeigen, dass Experten sensitiver für lernrelevante Situationen sind als Novizen und auch häufiger Schlussfolgerungen anstellen (z.B. Carter, Cushing, Sabers, Stein & Berliner, 1988; Seidel & Prenzel, 2007). Erste Befunde weisen außerdem darauf hin, dass die professionelle Unterrichtswahrnehmung von Lehrkräften prädiktiv für die Leistung von Schülerinnen und Schülern ist (Kersting, Givvin, Stigler & Sotelo, 2010; Roth et al., 2011) und stark mit dem mathematikbezogenen Professionswissen zusammenhängt (Kersting et al., 2010). Insgesamt ist bislang jedoch wenig darüber bekannt, wie sich die professionelle Unterrichtswahrnehmung entwickelt und wie sie gefördert werden kann. Auch fehlen Erkenntnisse zur professionellen Unterrichtswahrnehmung fachdidaktischer Aspekte im Kontext des naturwissenschaftlichen (Grundschul-)Unterrichts.

Das Projekt ViU: Early Science¹ (Videobasierte Unterrichtsanalyse) setzt an diesem Punkt an und zielt in einer ersten Projektphase zunächst auf die theoretische Modellierung und empirische Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung der Lernunterstützung.² Im Folgenden wird deshalb zunächst das Verständnis von Lernunterstützung im vorliegenden Projekt skizziert. Anschließend werden die Entwicklung und Validierung eines Instruments sowie erste Ergebnisse der Hauptstudie vorgestellt und es wird ein kurzer Ausblick gegeben.

Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht

In Anlehnung an die Conceptual-Change-Theorien wird Lernen im naturwissenschaftlichen (Grundschul-)Unterricht als Ausdifferenzierung und Umstrukturierung von Vorstellungen verstanden. Die anspruchsvolle Aufgabe der Lehrkraft besteht darin, die Lernenden bei diesem Prozess zu unterstützen, indem sie Lerngelegenheiten mit einem *Potential zur*

¹ Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Entwicklung von Professionalität des pädagogischen Personals in Bildungseinrichtungen“.

² Neben dieser fachdidaktischen Perspektive untersucht die AE von Manfred Holodynski (Institut für Psychologie in Bildung und schulischer Erziehung, Universität Münster) in diesem Kooperationsprojekt die professionelle Unterrichtswahrnehmung der Klassenführung aus pädagogisch-psychologischer Perspektive.

kognitiven Aktivierung (Kunter et al., 2006) schafft, welche die aktive Konstruktion anschlussfähiger Vorstellungen ermöglichen. Dieses kann z.B. dadurch geschehen, dass sie das Vorwissen der Lernenden exploriert, auf Widersprüche oder Unzulänglichkeiten in den Vorstellungen hinweist oder zur Anwendung des Gelernten anregt. Um (insbesondere leistungsschwächere) Lernende dabei nicht zu überfordern, ist es auch notwendig, dass die Lehrkraft Maßnahmen der *inhaltlichen Strukturierung* (Rakoczy, Klieme, Lipowsky & Drollinger-Vetter, 2010) nutzt, welche die Komplexität der Lernsituation so reduzieren bzw. anpassen, dass diese für die Lernenden bewältigbar ist. Hierzu zählen z.B. das Zusammenfassen oder Hervorheben zentraler inhaltlicher Aspekte sowie die Nutzung geeigneter Veranschaulichungen.

Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung der Lernunterstützung

Da bislang keine Instrumente zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung der Lernunterstützung vorliegen, wurde im Rahmen des Projektes zunächst ein standardisiertes Instrument entwickelt. Dieses besteht aus kurzen Videoszenen aus realem Sachunterricht zu den Themen „Schwimmen/ Sinken“ sowie „Aggregatzustände“, welche anhand vierstufiger Ratingitems (*trifft zu bis trifft nicht zu*) einzuschätzen sind. Die Items wurden theoretisch in Bezug auf Maßnahmen der Lernunterstützung abgeleitet; zudem dienten offene Antworten aus einer explorativen Voruntersuchung als Grundlage für die Itementwicklung. Zur Festlegung der „richtigen“ Itemantwort wurden interne und externe Expertenratings durchgeführt.

Das Instrument wurde in einem ersten Schritt mit 91 Bachelor- sowie 62 Masterstudierenden des Grundschullehramts und 82 Sachunterrichtslehrkräften pilotiert. Die Bearbeitung des Instruments erfolgte hierbei als Onlinebefragung. Zur Prüfung der Testgüte wurde ein Strukturgleichungsmodell genutzt. Dabei zeigte sich eine gute Anpassungsgüte des theoretisch angenommenen Modells an die Daten, welche auf die Konstruktvalidität des Instruments hinweist. Insgesamt besteht das Instrument aus 72 Items zu sechs Videoszenen.

Hauptstudie

Ziel der Hauptstudie war es, einerseits zu überprüfen, ob sich die Ergebnisse der Pilotierung im Sinne einer Kreuzvalidierung replizieren lassen. Darüber hinaus wurden u.a. die folgenden Forschungsfragen untersucht:

- Lassen sich mit dem Instrument Unterschiede zwischen Experten und Novizen abbilden?
- Lässt sich die professionelle Wahrnehmung der kognitiven Aktivierung von der professionellen Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung empirisch abgrenzen?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde das Instrument an einer größeren Stichprobe mit 193 Bachelor-, 116 Masterstudierenden und 125 Lehrkräften eingesetzt.

Erste Ergebnisse

Zunächst konnte die gute Anpassungsgüte des Modells der Pilotierung auch im Rahmen der Hauptstudie repliziert werden. Bezüglich der ersten Forschungsfrage war in Multigruppenanalysen auf latenter Ebene eine deutliche Überlegenheit der Lehrkräfte gegenüber den Studierenden zu erkennen. Auch die Masterstudierenden schnitten besser ab als die Bachelorstudierenden. Hinsichtlich der zweiten Forschungsfrage zeigte sich in dem Strukturgleichungsmodell eine so hohe Korrelation der professionellen Unterrichtswahrnehmung der kognitiven Aktivierung und der inhaltlichen Strukturierung, dass nicht von zwei getrennten Dimensionen ausgegangen werden kann. Für eine detaillierte Darstellung der Instrumententwicklung und Ergebnisse siehe Wolters, Meschede, Steffensky & Möller (in Vorb.).

Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt deuten die Befunde darauf hin, dass es gelungen ist, ein geeignetes Instrument zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung der Lernunterstützung zu entwickeln. So gibt die gute Anpassungsgüte des Modells in der Pilotierung und Hauptstudie Hinweise auf die Konstruktvalidität. Gleichzeitig deuten die erwartungskonformen Expertiseunterschiede zwischen den Gruppen auf Kriteriumsvalidität hin.

Hinsichtlich der hohen Korrelation der professionellen Unterrichtswahrnehmung der kognitiven Aktivierung bzw. der inhaltlichen Strukturierung muss berücksichtigt werden, dass diese beiden Qualitätsmerkmale nicht auf der Ebene des Unterrichts untersucht wurden, sondern in Bezug auf deren Analyse. So lassen die Ergebnisse vermuten, dass Personen, die kognitiv aktivierende Maßnahmen professionell analysieren können, dieses auch in Bezug auf inhaltlich strukturierende Maßnahmen können – und umgekehrt.

Aktuelle Auswertungen der Hauptstudie beziehen sich vor allem auf Zusammenhänge zwischen der professionellen Unterrichtswahrnehmung der Lernunterstützung und relevanten Bereichen des ebenfalls erhobenen Professionswissens. Ebenso stehen Zusammenhänge zur professionellen Unterrichtswahrnehmung der Klassenführung im Fokus. In der sich anschließenden zweiten Projektphase wird das videobasierte Instrument genutzt, um die Entwicklung der professionellen Unterrichtswahrnehmung in einem Längsschnitt und Möglichkeiten der Förderung in einer Interventionsstudie zu untersuchen.

Neben der empirischen Untersuchung der professionellen Unterrichtswahrnehmung war ein weiteres Ziel des Projektes die Einrichtung eines *Videoportals* an der Universität Münster, welches für die Lehreraus- und -fortbildung nutzbar ist. In diesem Portal werden (voraussichtlich ab Ende 2012) die im Rahmen des Projektes professionell erstellten Videoaufnahmen ganzer Unterrichtseinheiten sowie kurze Videoclips mit Analyseanregungen und Unterrichtsmaterialien zur Verfügung gestellt.

Literatur

- Carter, K., Cushing, K., Sabers, D., Stein, P. & Berliner, D. C. (1988). Expert-Novice Differences in Perceiving and Processing Visual Classroom Information. *Journal of Teacher Education*, 39 (3), 25-31
- Kersting, N. B., Givvin, K. B., Stigler, J. W. & Sotelo, F. L. (2010). Teachers' analyses of classroom video predict student learning of mathematics: Further explorations of a novel measure of teacher knowledge. *Journal of Teacher Education*, 61 (1-2), 172-181
- Kunter, M., Dubberke, T., Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Jordan, A. et al. (2006). Mathematikunterricht in den PISA-Klassen 2004: Rahmenbedingungen, Formen und Lehr-Lernprozesse. In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand, R. Pekrun, H.-G. Rolff, J. Rost & U. Schiefele (Hrsg.), *PISA 2003: Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung im Verlauf eines Schuljahres*. Münster: Waxmann, 161-194
- Rakoczy, K., Klieme, E., Lipowsky, F. & Drollinger-Vetter, B. (2010). Strukturierung, kognitive Aktivität und Leistungsentwicklung im Unterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 38 (3), 194-209
- Roth, K. J., Garnier, H. E., Chen, C., Lemmens, M., Schwille, K. & Wickler, N. I. (2011). Videobased lesson analysis: Effective science PD for teacher and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (2), 117-148
- Seidel, T., Blomberg, G. & Stürmer, K. (2010). „Observer“ – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. *Projekt OBSERVE. Zeitschrift für Pädagogik (Beiheft)*, 56, 296-306
- Seidel, T. & Prenzel, M. (2007). Wie Lehrpersonen Unterricht wahrnehmen und einschätzen - Erfassung pädagogisch-psychologischer Kompetenzen mit Videosequenzen. In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. Sonderheft. 8*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 201-218.
- Sherin, M. G. (2007). The Development of Teachers' Professional Vision in Video Clubs. In R. Goldman (Hrsg.), *Video Research in the Learning Sciences*. Mahwah, N.J: Erlbaum, 383-395.
- Wolters, M., Meschede, N., Steffensky, M. & Möller, K. (in Vorb.). Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht - Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung.

Diagnosekompetenz von Lehrkräften beim computergestützten Experimentieren

Einleitung

In Weiterführung des Projekts der „Aufgaben mit gestuften Hilfen“ wurde ein Folgeprojekt gestartet, bei dem die Übertragbarkeit der Idee gestufter Hilfen bei Experimenten untersucht wird. Um geeignete Hilfen formulieren zu können, ist zu klären, an welchen Stellen im Experimentierprozess Lernende überhaupt auf Schwierigkeiten stoßen. Dies wiederum wirft die Frage auf, mit welchen Methoden sich solche Schwierigkeiten geeignet aufdecken lassen. Als eine Möglichkeit, Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren zu erkennen, ist die Befragung von Lehrkräften sinnvoll. Doch inwiefern können Lehrkräfte überhaupt Schwierigkeiten beim Experimentieren einschätzen und diagnostizieren? Dieser und weiterer Fragen soll im Projekt DiSiE¹ der Universität Kassel nachgegangen werden.

Theoretische Grundlage

Die Qualität von Unterricht sowie die individuelle Förderung stehen spätestens seit TIMMS und PISA verstärkt im Blickpunkt fachdidaktischer Forschung. Als Schlüsselqualifikation für Unterricht hoher Qualität benötigen Lehrkräfte nach Weinert (2000) u.a. diagnostische Kompetenzen. Helmke (2009) betont, dass auch die individuelle Förderung der Schüler ein ausreichendes diagnostisches Wissen der Lehrkraft zwingend voraussetzt. Weinert definiert diagnostische Kompetenzen als *„ein Bündel von Fähigkeiten, um den Kenntnisstand, die Lernfortschritte und die Leistungsprobleme der einzelnen Schüler sowie die Schwierigkeiten verschiedener Lernaufgaben im Unterricht fortlaufend beurteilen zu können, sodass das didaktische Handeln auf diagnostischen Einsichten aufgebaut werden kann.“* (Weinert, 2000, S. 19). Somit spielt speziell die Diagnose von Schülerschwierigkeiten als Teilaspekt diagnostischer Kompetenz eine wichtige Rolle für guten Unterricht. Die diagnostische Kompetenz ist jedoch im Vergleich dazu nach Weinert bei Lehrkräften vielfach defizitär (2000). Diagnostische Fertigkeiten werden zudem in der Lehreraus- und -weiterbildung kaum vermittelt. Nicht zuletzt deswegen beschloss die Kultusministerkonferenz bereits 2001 *„Maßnahmen zur Verbesserung der Professionalität der Lehrertätigkeit, insbesondere im Hinblick auf diagnostische und methodische Kompetenz [...]“* (Beschluss der KMK, 2001)

Im Bereich der Aufgabenschwierigkeitseinschätzung haben Studien einerseits gezeigt, dass Lehrkräfte die Klassenleistung im Durchschnitt deutlich überschätzen (z.B. Hosenfeld, Helmke, Schrader, 2002). Ergänzend dazu gibt es Studien, die eine tendenzielle Unterschätzung der Schülerleistungen durch die Lehrkräfte zeigen konnten (z.B. McElvany et. al, 2009). McElvany et. al (2009) führen als mögliche Ursache für die fehlenden diagnostischen Fähigkeiten von Lehrkräften die mangelnden Fähigkeiten bei der Diagnostik der Schwierigkeiten an.

Um zunächst ein Bild davon zu bekommen, in welchen Bereichen Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren aus theoretischer Sicht zu erwarten sind, wurden mehrere Arbeiten zusammengefasst (u.a. die Arbeiten von Jung et. al, 1977; de Jong & van Joolingen, 1998; Sander, 2000; Wirth & Leutner, 2006; Hammann et. Al, 2006 sowie Wodzinski, 2006). Orientiert an den Ausführungen von Jung et. al (1977) wurde als erste Gliederung die Unterscheidung in *innenbedingte*, *sachbedingte* und *lehrbedingte* Schwierigkeiten vorge-

¹ Diagnose von Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren.

nommen. Diese Einteilung wurde um den Bereich der *sozialbedingten* Schwierigkeiten erweitert. Im Beitrag von Kechel & Wodzinski (2013, in diesem Band) wird die Vorgehensweise dabei näher erläutert. Folgende Abbildung zeigt das Ergebnis dieser ersten Zusammenfassung:

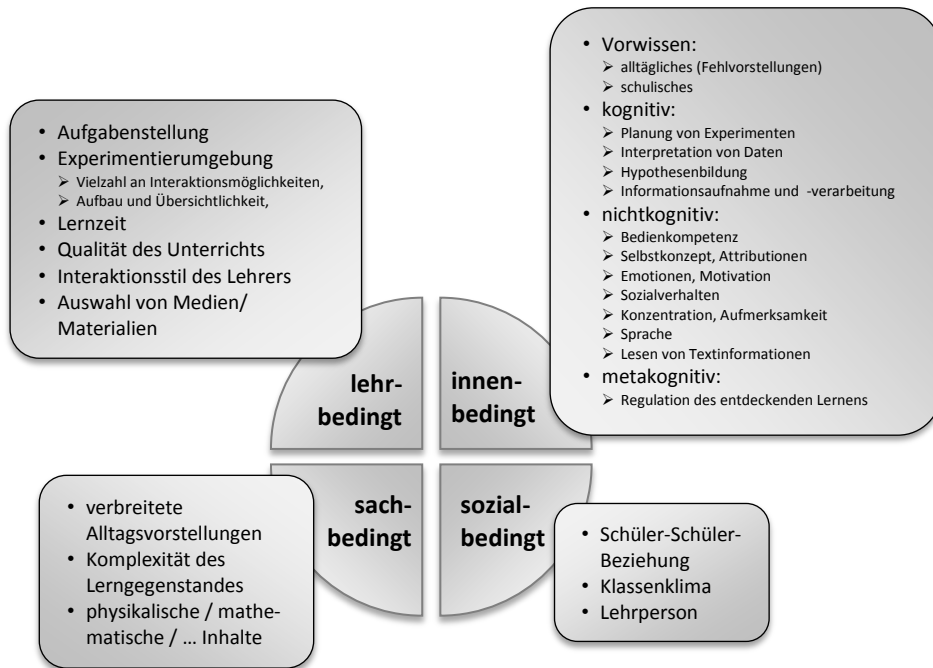


Abb. 1: Übersicht der theoretisch zu erwartenden Bereiche von Lernschwierigkeiten beim computergestützten Experimentieren.

Ziele der Untersuchung

Die geplante Studie soll unter anderem folgenden Fragen nachgehen:

- Inwiefern können Physiklehrkräfte zu erwartende Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren im Vorfeld einschätzen (prädiktive Diagnosekompetenz)?
- Inwiefern können Physiklehrkräfte Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren anhand von Beobachtungen während der Experimentierphase diagnostizieren (handlungsbezogene Diagnosekompetenz)?

Die Untersuchungen sollen sich dabei zunächst auf computergestützte Experimentierumgebungen beschränken. Für die Voruntersuchungen wurde die bereits mehrfach erprobte Experimentierumgebung „Auftrieb in Flüssigkeiten“ von Künsting et al. (2011) eingesetzt. Die Aufgabe für die Lernenden besteht darin, möglichst viel darüber herauszufinden, wovon es abhängt, ob ein Körper im Wasser sinkt, schwebt oder steigt. In der Experimentierumgebung stehen ihnen dafür nach dem SDDS-Modell nach Klahr & Dunbar (1988) ein Hypothesen- sowie ein Experimente-Raum zur Verfügung.

Ablauf der Voruntersuchungen und erste Ergebnisse

Im ersten Schritt haben zehn Schülerinnen und Schüler sowie acht Lehramtsstudierende ohne Physik als Studienfach mit der Experimentierumgebung im Labor gearbeitet. Dabei wurden ein Bildschirmvideo der Experimentierphase aufgenommen und die Schüler zusätzlich gefilmt, um auch deren Unterhaltungen mit zu dokumentieren. Aus den Videos

mit anschließendem Interview wurden mit verschiedenen Methoden die aufgetretenen Schwierigkeiten der Schüler herausgearbeitet (siehe Kechel & Wodzinski, 2013, in diesem Band). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass trotz der kleinen Stichprobe bereits fast alle theoretisch zu erwartenden Lernschwierigkeiten aufgetreten sind. Darüber hinaus konnte die Übersicht der theoretisch zu erwartenden Bereiche für Lernschwierigkeiten (Abb. 1) um einige Punkte, vor allem im lehrbedingten Bereich, erweitert werden.

Im zweiten Schritt wurden zwei Lehrkräfte nach der Arbeit mit der Experimentierumgebung in einem Interview darüber befragt, welche Schwierigkeiten sie bei den Schülern erwarten (prädiktive Diagnosekompetenz). Dabei konnten sie nur wenige, meist lehrbedingte Schwierigkeiten nennen. Anschließend wurde den Lehrkräften das Video der Experimentierphase eines Schülerpaares gezeigt. Die Lehrkräfte sollten die dort aufgetretenen Lernschwierigkeiten der beiden Schüler diagnostizieren (handlungsbegleitende Diagnosekompetenz). Als erstes Ergebnis lässt sich hier zusammenfassen, dass beide Lehrkräfte einen Großteil der aufgetretenen Schwierigkeiten diagnostizieren konnten, dennoch aber einige Bereiche nicht nannten.

Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt unterstützen die Ergebnisse den Ansatz der Unterscheidung zwischen prädiktiver und handlungsbegleitender Diagnosekompetenz. In weiteren Untersuchungen soll nun überprüft werden, ob evtl. ein Zusammenhang zwischen beiden besteht. Die prädiktive Diagnosekompetenz der Lehrkräfte, die sich bisher eher als wenig ausgeprägt gezeigt hat, soll in einer größeren Stichprobe untersucht werden. Die Entwicklung von Schulungen oder anderen Unterstützungshilfen und die Untersuchung ihrer Wirksamkeit sind geplant.

Literatur

- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59 (5), 292-299
- Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts ; Franz Emanuel Weinert gewidmet. Unter Mitarbeit von Franz E. Weinert. 1. Aufl. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer
- Hosenfeld, I., Helmke, A. & Schrader, F.-W. (2002). Diagnostische Kompetenz. Unterrichts- und lernrelevante Schülermerkmale und deren Einschätzung durch Lehrkräfte in der Unterrichtsstudie SALVE. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45, 65-82
- Jung, W.; Reul, H.; Schwedes, H. (1977). Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6. 1. Aufl. Frankfurt a. M., Berlin, München: Diesterweg (Beiträge zur Methodik und Didaktik der Physik)
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48
- Kultusministerkonferenz (2001). 296. Plenarsitzung der Kultusministerkonferenz am 05./06. Dezember 2001 in Bonn. Pressemitteilung
- Künsting, J., Wirth, J. & Paas, F. (2011). The goal specificity effect on strategy use and instructional efficiency during computer-based scientific discovery learning. *Computers & Education*, 56 (3), 668-679
- McElvany, N. et al. (2009). Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften bei der Einschätzung von Schülerleistungen und Aufgabenschwierigkeiten bei Lernmedien mit instruktionalen Bildern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*
- Sander, E. (2000). Lernschwierigkeiten. In J. Borchert (Hrsg.), *Handbuch der sonderpädagogischen Psychologie*. Göttingen u.a.: Hogrefe, 690-703
- Weinert, Franz E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft - Ansprüche an das Lernen in der Schule. *GFPP-Nachrichten*, 2/2000, 4-23
- Wirth, J. & Leutner, D. (2006). Selbstregulation beim Lernen in interaktiven Lernumgebungen. In H. Mandl (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*. Hrsg. von Heinz Mandl. Göttingen u.a.: Hogrefe, 172-184
- Wodzinski, R. (2006). Lernschwierigkeiten erkennen – verständnisvolles Lernen fördern. Modulbeschreibungen des Programmes SINUS-Transfer Grundschule. Kiel: IPN.

Erfassung von Lernschwierigkeiten bei computergestützten Experimenten

Warum Lernschwierigkeiten beim Experimentieren erfassen?

In einem vorangegangenen Projekt der Universität Kassel wurde untersucht, inwieweit das Unterstützungsformat der gestuften Hilfen, das sich bei Aufgaben als wirkungsvoll erweist, auch bei Schülerexperimenten im Physikunterricht geeignet ist. Wider Erwarten zeigten sich hier keine eindeutigen Effekte von gestuften Hilfen auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler. Dies führte zu den Fragen, welche Schwierigkeiten Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren überhaupt haben und welche Hilfen sie tatsächlich benötigen. Im DiSiE-Projekt¹ der Universität Kassel wird daher ein besonderes Augenmerk auf die Lernschwierigkeiten beim Experimentieren und Methoden zu deren Erfassung gelegt. Die Erfassung von Lernschwierigkeiten im Unterricht ist Teil der diagnostischen Kompetenz von Lehrkräften (Weinert, 2000), die es im modernen Unterricht zu fördern gilt (u. a. KMK, 2001; Weinert, 2000). In diesem Beitrag wird der Frage nachgegangen, welche Lernschwierigkeiten beim computergestützten Experimentieren in der Praxis auftreten und welche Methoden zu deren Diagnose geeignet eingesetzt werden können.

Was weiß man über Lernschwierigkeiten beim computergestützten Experimentieren?

In der weitreichendsten Studie über Schülerschwierigkeiten beim scientific discovery learning arbeiteten de Jong & van Joolingen (1998) folgende Bereiche als zentrale Entstehungsfelder von Schwierigkeiten beim Experimentieren mit Simulationen heraus: *Bilden von Hypothesen, Planen von Experimenten, Interpretation von Daten* sowie *Selbstregulation des entdeckenden Lernens*. Diese Ergebnisse konnten Wirth & Leutner (2006) in ihrer Studie bestätigen und um den Aspekt *Vielzahl an Interaktionsmöglichkeiten innerhalb der computergestützten Experimentierumgebung* erweitern. In der Biologiedidaktik stellten Hammann et al. (2006) neben dem Genannten *nicht mit dem wissenschaftlichen Verständnis über das Experimentieren zu vereinbarende Schülervorstellungen* als einen weiteren Bereich von Schwierigkeiten beim Experimentieren fest. Befasst man sich mit den Arbeiten von Jung et al. (1977) und Wodzinski (2006) über Lernschwierigkeiten im Physik- bzw. Sachunterricht, so tauchen weitere zu berücksichtigende Aspekte auf (siehe Abb. 1):

	Jung et al. (1977)	Wodzinski (2006)
innen- bedingt	Kodierungs-, Dekodierungs- & Hypothesenbildungsprozesse u. a.	Lesen, Konzentrationsfähigkeit, Aufmerksamkeit u. a.
lehr- bedingt	mangelnde Artikulation, schlechte Sequenzierung, mangelhafte Integriertheit	Klassenführung, Frageverhalten des Lehrers, Medien- und Materialauswahl
sach- bedingt	Idealisierung, Grenzwertbegriffe, Komplexität	Komplexität des Lerngegenstands, Unterschiede zw. Alltags- & naturwiss. Denken
Sonstiges		Beziehungen zwischen den Schülern, Selbstkonzept, Lernmotivation u. a.

Abb. 1: Lernschwierigkeiten im Physik- und Sachunterricht

Die Autoren unterscheiden hierbei zwischen *innenbedingten*, *lehrbedingten* sowie *sachbedingten* Lernschwierigkeiten. Zieht man zusätzlich die Perspektive der Sonderpädagogik

¹ Diagnose von Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren (vgl. Draude & Wodzinski, 2013, in diesem Band).

hinzu, so erhält man einen noch umfassenderen Blick auf die in der Praxis zu vermutenden Lernschwierigkeiten beim Experimentieren. Sander (2000) unterscheidet hier die Bereiche *Schülerpersönlichkeit*, *Schule* und *Familie* als mögliche Entstehungsfelder für Lernschwierigkeiten und differenziert diese weiter (siehe Abb. 2).

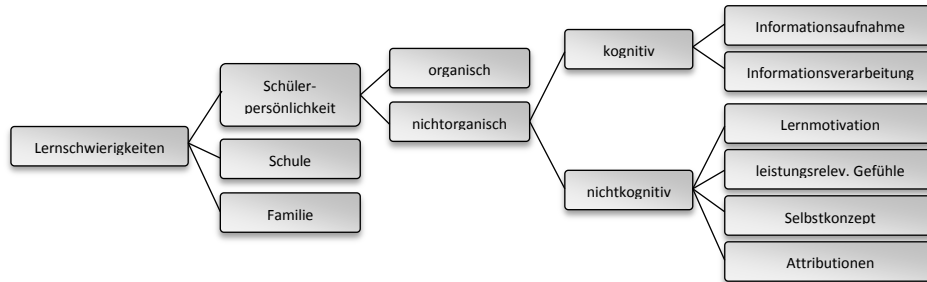


Abb. 2: Lernschwierigkeiten aus Sicht der Sonderpädagogik (gekürzt, nach Sander, 2000)

Als ein Einstieg in das Vorhaben, Lernschwierigkeiten beim computergestützten Experimentieren zu erfassen, wurden diese und weitere Quellen analysiert und miteinander verglichen. Dabei konnten zahlreiche Gemeinsamkeiten aufgedeckt und in einem neuen Kategoriensystem zusammengefasst werden (siehe hierzu Abb. 1 bei Draude & Wodzinski, 2013, in diesem Band). Dennoch bleibt die Frage offen, inwiefern mit diesem Kategoriensystem die tatsächlich in der Praxis auftretenden Lernschwierigkeiten beim computergestützten Experimentieren abgedeckt werden.

Wie können Lernschwierigkeiten beim computergestützten Experimentieren erfasst werden?

Ziel der ersten Vorstudie war es, das theoretisch abgeleitete Kategoriensystem der Bereiche von Lernschwierigkeiten beim computergestützten Experimentieren zu optimieren und zu erweitern. Hierzu bearbeiteten acht Lehramtsstudierende sowie zehn Schülerinnen und Schüler jeweils in Partnerarbeit eine Experimentieraufgabe mit der computergestützten Lernumgebung *Auftrieb in Flüssigkeiten*² von Künsting et al. (2011). Bei allen Probandenpaaren wurden ein Bildschirmvideo von der Arbeit mit der Experimentierumgebung sowie zeitgleich ein Video der Interaktion der Probanden untereinander während des Experimentierprozesses aufgenommen. Zudem wurden nach der Experimentierphase mit jeweils zwei Probandenpaaren Gruppendiskussionen über den Experimentierprozess geführt. Anhand der Videos und der Gruppendiskussionen wurden einzelne Lernschwierigkeiten herausgearbeitet und innerhalb der Arbeitsgruppe intensiv diskutiert.

Welche Lernschwierigkeiten beim computergestützten Experimentieren konnten erfasst werden?

Anhand der Videos konnten zahlreiche der zuvor theoretisch zu erwartenden Lernschwierigkeiten beim computergestützten Experimentieren identifiziert werden. Als Beispiel für eine *innenbedingte* Lernschwierigkeit im Bereich des *Vorwissens* sei ein Schülerpaar angeführt, das den Dichtebegriff mit dem Massebegriff verwechselte. Dieser Fall kann aber ebenso als eine *sachbedingte* Lernschwierigkeit angesehen werden, da der Dichtebegriff per se mit zahlreichen irreführenden *Alltagsvorstellungen* behaftet ist. Auch in den Gruppendiskussionen konnten ein Großteil der theoretisch abgeleiteten Lernschwierigkeiten identifiziert sowie neue, in der Theorie noch unberücksichtigte Bereiche, aufgedeckt werden. Als

² Eine Beschreibung der Lernumgebung ist bei Draude & Wodzinski, 2013, in diesem Band nachzulesen.

Beispiel für einen neuen, in das Kategoriensystem aufzunehmenden Bereich innerhalb der *lehrbedingten* Lernschwierigkeiten ist nach Auskunft einiger Probanden der Mangel eines *Feedbacks* innerhalb der Experimentierumgebung zu nennen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass grundsätzlich beide vorgestellten Verfahren zur Erfassung von Lernschwierigkeiten beim computergestützten Experimentieren geeignet sind. Nahezu alle theoretisch abgeleiteten Lernschwierigkeiten konnten auch in der Vorstudie gefunden werden (bis auf einige wenige, die meist aufgrund des Untersuchungsdesigns nicht zutrafen). Zu den theoretisch abgeleiteten Lernschwierigkeiten kommen in der Praxis noch weitere Bereiche hinzu, so dass sich für die hier verwendete Experimentierumgebung das folgende, z. T. noch zu präzisierende Kategoriensystem von Lernschwierigkeiten beim computergestützten Experimentieren ergibt (siehe Abb. 3):



Abb. 3: Lernschwierigkeiten beim computergestützten Experimentieren

Literatur

- Hamman, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 59 (5), 292-299
- Jong, T. de & Joolingen, W. R. van (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. Review of Educational Research, 68 (2), 179-201
- 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. [u.a.]: Diesterweg
- KMK. (2001). 296. Plenarsitzung der Kultusministerkonferenz am 05./06. Dezember 2001 in Bonn: Pressemitteilung. Zugriff am 30.07.2012. Verfügbar unter <http://www.kmk.org/presse-und-aktuelles/pm2001/296plenarsitzung.html>
- Künsting, J., Wirth, J. & Paas, F. (2011). The goal specificity effect on strategy use and instructional efficiency during computer-based scientific discovery learning. Computers & Education, 56 (3), 668-679
- Sander, E. (2000). Lernschwierigkeiten. In J. Borchert (Hrsg.), Handbuch der sonderpädagogischen Psychologie. Göttingen [u.a.]: Hogrefe, 690-703
- Weinert, F. E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft - Ansprüche an das Lernen in der Schule. GPPF-Nachrichten, 2/2000, 4-23
- Wirth, J. & Leutner, D. (2006). Selbstregulation beim Lernen in interaktiven Lernumgebungen. In H. Mandl (Hrsg.), Handbuch Lernstrategien. Göttingen [u.a.]: Hogrefe, 172-184
- Wodzinski, R. (2006). Lernschwierigkeiten erkennen - verständnisvolles Lernen fördern: Modulbeschreibung des Programmes SINUS-Transfer Grundschule. Kiel: IPN

Experimente alternativ dokumentieren Möglichkeiten zur Differenzierung und Diagnose im Chemieunterricht?!

Einleitung und theoretischer Hintergrund

Mit der Entwicklung der nationalen Bildungsstandards und der damit verbundenen Output-Orientierung müssen der Prozess und die Organisation des Lernens in der Schule und damit die Strukturen des Lernens verändert und angepasst werden. Seit vielen Jahren wird von Lehrenden daher ein bewussterer Umgang mit der Heterogenität von Lernenden im (Chemie-)Unterricht gefordert. Obwohl in (Regel-)Schulen auch heute häufig noch der Drang nach Homogenität vorherrscht, findet allmählich ein Perspektivenwechsel statt: Schüler sind Individuen und unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Lern- und Entwicklungsstände. Demnach besitzen sie unterschiedliche Lernvoraussetzungen, Lernmöglichkeiten, aber auch unterschiedliche Lernschwierigkeiten. In einem Unterricht, der jeden einzelnen Schüler ernst und bewusst wahrnimmt, muss deshalb diagnostiziert und differenziert werden (vgl. Wischer, 2007). Die Fähigkeit eines Lehrenden zur ganzheitlichen Diagnose seiner Schüler stellt einen essentiellen Bestandteil der Lehrerkompetenz dar (vgl. KMK, 2004) und bildet die notwendige Voraussetzung für eine angemessene Unterrichtsgestaltung im Sinne der Differenzierung und der individuellen Förderung (vgl. z.B. Schrader, 2006). In Anlehnung an Weinert et. al (1990) wird unter der Diagnosekompetenz die Fähigkeit eines Lehrenden verstanden, die Lernausgangslagen, die Lernfortschritte sowie die Lernleistungen der Schüler adäquat einzuschätzen, mit dem Ziel den Unterricht adaptiv zu gestalten und gezielt individuell zu fördern (vgl. Weinert, Schrader & Helmke, 1990). Die diagnostische Kompetenz eines Lehrenden beinhaltet dabei nicht nur das Wissen um die Entwicklungs- und Leistungsstände seiner Schüler, sondern und vor allem auch die Fähigkeit eines Lehrenden, auf der Grundlage dieses Wissens in seinem Unterricht situativ und adaptiv zu handeln. Dabei sollten im besten Falle Diagnoseinstrumente und -methoden eingesetzt werden, die direkt in die Unterrichtspraxis integriert sind und gleichzeitig die Schüler aktiv mit einbeziehen.

Obwohl gerade die Diagnosekompetenz eines Lehrers eine wichtige Voraussetzung für das erfolgreiche und effektive Lernen der Schüler darstellt, weist die universitäre Ausbildung angehender Lehrer Defizite im Bereich der Diagnose und Diagnosekompetenz auf (vgl. Arnold, 1999). Aus diesem Grund hat das nachfolgend beschriebene Projekt das Ziel, die diagnostische Kompetenz angehender Lehrer mit Hilfe von alternativen Dokumentationsformen zu entwickeln und zu fördern.

Projektübersicht

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit einem Teil unseres Forschungsprojekts, der auf empirisch gewonnener Daten aus der Praxis des Chemieunterrichts basiert (vgl. Groß & Reiners, 2012a und 2012b) und langfristig das Ziel hat, ein Modul zum Thema „Diagnose, Differenzierung und individuelle Förderung im Chemieunterricht“ für die universitäre Lehrerbildung zu konzipieren.

Im Folgenden wird das Design, die Methodik sowie die Ergebnisse des dritten Teils dieses Projekts beschrieben. Dabei stehen folgende Forschungsfragen im Vordergrund:

- Können die alternativen Dokumentationsformen als angemessene Diagnoseinstrumente für Lehrende genutzt werden?
- Sind die alternativen Dokumentationsformen darüber hinaus geeignet, die diagnostische Kompetenz angehender Lehrender zu entwickeln und zu unterstützen?

Design und Methoden

Um die Forschungsfragen beantworten zu können, wurde ein Seminar für angehende Lehrende im Hauptstudium entwickelt. Das Seminar wurde in Anlehnung an das methodische Vorgehen der partizipativen Aktionsforschung konzipiert und mit Hilfe von Prozess-Portfolios, die die Studenten während des Semesters schrieben, analysiert. Die Auswertung und Evaluation der Portfolios erfolgte mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2008).

Die partizipative Aktionsforschung stellt ebenso wie das diagnostische Handeln selbst einen sich immer wiederholenden Prozess dar, der alle Teilnehmer aktiv mit einbezieht (z.B. Bodner, MacIsaac & White, 1999). Nachdem die Seminarteilnehmer ein grundlegendes Verständnis der Thematik „Diagnose und Diagnosekompetenz“ erwarben, analysierten sie auf Grundlage ihrer Ideen und ihres bis dahin gewonnenen Wissens in Zweiergruppen die von den Schülern angefertigten Dokumentationsformen. Der gesamte Kurs diskutierte und reflektierte dann auf Grundlage der neuen Erkenntnisse die jeweiligen Vorgehensweisen der Studenten und entwickelte neue Vorgehensweisen bzw. verfeinerte ihr bisheriges Vorgehen. Daraufhin bearbeiteten die Seminarteilnehmer erneut das Material der Schüler. Ziel dieses methodischen Vorgehens war es, dass die angehenden Lehrer durch den sich immer wiederholenden Prozess sowie durch das reflektierte Auseinandersetzen gemeinsam im Seminar und individuell in ihren Portfolios nicht nur für die Diagnosekompetenz sensibilisiert wurden, sondern diese sukzessive entwickeln, fördern und festigen konnten, sodass sie zu einem flexiblen Umgang mit dieser befähigt werden.

Ergebnisse

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die alternative Dokumentationsform *Video*. Bezüglich der ersten Forschungsfrage kann herausgearbeitet werden, dass der Einsatz der von den Schülern angefertigten Videoprotokolle dem Lehrenden die Diagnose von **protokollbezogenen Stärken und Schwächen** (z.B. inhaltliche und formale Angemessenheit, Verwenden der Fachsprache) der Schüler erlaubt. Solche fachlichen Leistungen kann der Lehrende aber ebenso mit Hilfe eines üblichen Versuchsprotokolls erkennen. Mit Hilfe der Dokumentationsform Video ist es darüber hinaus für den Lehrenden möglich, Einblicke sowohl in die psychomotorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten (**Experimentierfähigkeit**) als auch in die soziale Interaktion der Schüler (**soziale Kompetenz**) und deren *affektiven Einstellungen* zu dem Experiment und zu dem Chemieunterricht generell zu gewinnen (vgl. Tab.1).

Kategorie	Beispiele aus den Portfolios
Experimentierfähigkeit	„Die Tatsache, dass wir während der Ausführung des Versuchs einen Experimentierfehler beobachten konnten, halte ich für die zentrale Möglichkeit für die Lehrer. Dieser kann durch die gewählte Dokumentationsform die Stärken und Schwächen seiner Schüler viel besser beobachten.“ (2/27)
Soziale Kompetenz der Schüler Kooperation und soziale Interaktion Kommunikation und Teamfähigkeit	„Die soziale Interaktion ist hier sehr gut sichtbar. Beide arbeiteten im Team und ergänzten sich recht gut.“ (10/24)
Affektive Einstellungen Vorfreude, Angst, Ernsthaftigkeit, Spaß	„Man merkt deutlich, dass es den Schülerinnen etwas unangenehm ist, dieses Video zu erstellen und gefilmt zu werden. Dies mag am Alter liegen. Auch das ständige Kichern deutet auf Unsicherheit hin.“ (11/22)

Tab. 1: Darstellung der induktiv entwickelten Kategorien.

Demzufolge eröffnet der Einsatz eines Videos dem Lehrenden die Möglichkeit, seine Schüler umfassender, d.h. ganzheitlicher wahrzunehmen.

Darüber hinaus erhält der Lehrer durch den Einsatz des Videoprotokolls die Möglichkeit, seinen *eigenen Unterricht zu reflektieren*, die Leistungen seiner Schüler sowie deren Bewertung offen darzulegen und den Schülern dadurch ein *transparentes Feedback* zu geben – ein Mehrwert für den Lehrenden, der bei dem Einsatz eines herkömmlichen Versuchsprotokolls nicht in einem solchen Umfang deutlich werden kann.

Bezüglich der zweiten Forschungsfrage konnten wir erheben, dass die Studenten zum einen durch das praktische, authentische und eigenverantwortliche Arbeiten an den alternativen Dokumentationsformen ihre diagnostische Kompetenz entwickeln und fördern konnten: *„Durch die Analyse dieses Videos ist mir vor allem klar geworden, wie viel man durch das Verhalten der Schüler und ihre verwendete Sprache letztlich über ihre Einstellungen, Probleme und Affektionen erfahren kann. [...] Ich glaube, dass man als Lehrer großen Gewinn aus solchen Videos ziehen kann“* (5/26). Zum anderen bewerteten die Studenten insbesondere die Art und Weise, in der das Seminar methodisch durchgeführt wurde und die damit verbundene aktive Beteiligung an dem Seminar als förderlich für die Entwicklung ihrer diagnostischen Kompetenz: *„Insgesamt muss ich sagen, dass ich dieses Seminar als sehr positiv und bereichernd empfunden habe. Dies liegt vor allem auch an dem hohen aktiven Anteil der Studenten. Durch die selbstständige Bearbeitung werden die Themen besser verinnerlicht“* (7/54).

Konsequenzen und Ausblick

Damit Lehrende der Forderung nach Differenzierung und individueller Förderung in ihrem Fachunterricht gerecht werden können, müssen sie bereits in der universitären Ausbildung mit der Thematik „Diagnose, Differenzierung und individuelle Förderung“ konfrontiert werden. Auf Basis der gewonnenen Ergebnisse soll im Sinne der Professionalisierung der Lehrerbildung ein Modul für den neuen Bachelor- und Masterstudiengang an der Universität zu Köln konzipiert werden.

Dank

Wir danken dem Fonds der chemischen Industrie für die finanzielle Unterstützung dieses Projekts sowie allen beteiligten Lehrern, Studenten und Schülern für ihre engagierte Mitarbeit.

Literatur

- Arnold, K. (1999). Diagnostische Kompetenzen erwerben – Wie das Beurteilen zu lernen und zu lehren ist. *Pädagogik*, 51 (7-8), 73-77
- Bodner, G., MacIsaac, D. & White, S. (1999). Action research: Overcoming the Sports Mentality Approach to Assessment/Evaluation. *University Chemistry Education*, 3 (1), 31-36
- Groß, K. & Reiners, Ch.S. (2012a). Experimente alternative dokumentieren – Ein Beitrag zur Möglichkeit der Differenzierung und Diagnose im Chemieunterricht. *CHEMKON*, 19 (1), 13-20
- Groß, K. & Reiners, Ch.S. (2012b). Diagnosekompetenz durch informelle Lernarrangements?. *CHEMKON*, 19 (3), 115-122
- Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Weinheim und Basel: Beltz
- Schrader, F.-W. (2006). Diagnostische Kompetenz von Eltern und Lehrern. In D.H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz, 68-71
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-standards-lehrerbildung.pdf (abgerufen am 22.09.2011)
- Weinert, F.E., Schrader, F.-W. & Helmke, A. (1990). Educational expertise: Closing the gap between educational research and classroom practice. *School Psychology International*, 11, 163-180
- Wischer, B. (2007). Heterogenität als komplexe Anforderung an das Lehrerhandeln. In S. Boller, E. Rosowski, T. Stroot (Hrsg.), *Heterogenität in Schule und Unterricht*. Weinheim und Basel: Beltz, 32-41

Das EU-Projekt ESTABLISH: MINT-Bildung unter Einbeziehung aller Beteiligten

Einleitung

Eine ganze Reihe von Projekten auf EU-Ebene befasst sich mit MINT-Bildung, also der Integration von naturwissenschaftlichen und mathematischen Lerninhalten in alltagsrelevante Kontexte, nachdem eine Expertengruppe 2007 mit der Schrift „Science Education Now“ den Focus auf die naturwissenschaftliche Bildung gelegt hatte. Im Projekt ESTABLISH (European Science and Technology in Action: Building Links between Industry, School and Home) wird das Umfeld naturwissenschaftlicher Bildung in die Programmarbeit einbezogen. Das Programm geht von „Inquiry-based“ strukturierten Unterrichtseinheiten aus, die die Einbeziehung technischer Anwendungen naturwissenschaftlicher Unterrichtsinhalte umfassen. Die zunächst entwickelten Unterrichtseinheiten werden gegenwärtig Lehrkräften und Lehramtsstudierenden vorgestellt und im Unterricht erprobt.

Grundzüge des Programms

Das Projekt wurde im 7. Rahmenprogramm als eines der ersten großen Programme im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung genehmigt. Bei einer Laufzeit von 2010-2014 umfasst es bei 14 Partnerinstitutionen aus 11 Ländern etwa 60 MitarbeiterInnen. Das Budget liegt bei 4,5 M Euro. Das inhaltliche Ziel ist es, zu einer umfassenden Verbreitung und Anwendung von Inquiry-Based Science Education (IBSE) bei Schülern der Sekundarstufe (ab 12 Jahre) in Europa beizutragen. Dies soll durch die Entwicklung von authentischen Lernumgebungen erreicht werden, an denen alle Interessengruppen beteiligt sind, um Veränderung im Unterricht zu bewirken.

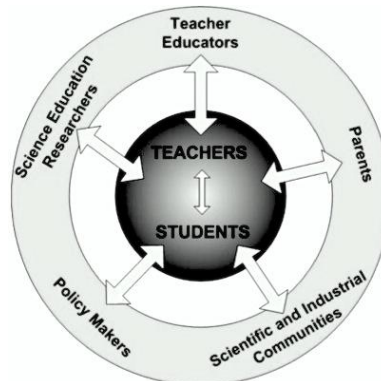


Abb. 1: Modell des Zusammenwirkens relevanter Stakeholder. Es existiert keine Hierarchie und keine Dominanz einzelner Interessengruppen

Als grundlegendes Element für die Umsetzung werden Unterrichtseinheiten entwickelt, die sowohl Lehramtsstudierenden als auch Lehrkräften in Seminaren und Fortbildungen vorgestellt werden. Ihr Einsatz im Unterricht wird beobachtet und mit Fragebogenstudien evaluiert. Die Einheiten haben alle einen technischen Bezug und sind teilweise von Unternehmen gesponsert.

Untersuchungen und bisherige Ergebnisse

Vor Beginn der Entwicklungsarbeiten wurde versucht, eine Übersicht über die Verbreitung von IBSE in den Schulen zu erhalten. Auch wenn die Daten den noch anfänglichen Stand widerspiegeln, zeigt sich doch eine recht weite Verbreitung, mit einigen Lücken in den Ländern des Mittelmeerraumes.

Elements of Inquiry	CY	CZ	DE	EE	IE	IT	MT	NL	PL	SK	SE
Diagnosing problems		√	√	√		√	√	√	√	√	√
Critiquing experiments	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√
Distinguishing alternatives		√	√	√		√		√	√	√	√
Planning investigations	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Researching conjectures		√	√	√		√		√	√	√	√
Searching for information	√	√	√	√	√	√		√	√	√	√
Constructing models		√	√	√		√		√		√	√
Debating with peers	√	√	√	√	√			√	√	√	√
Forming coherent arguments		√	√	√	√			√	√	√	√

Tab. 1: Verbreitung von IBSE-Merkmalen in verschiedenen Ländern (CY Cypern, CZ Tschechische Republik, EE Estland, IE Irland, IT Italien, MT Malta, PL Polen, SK Slowakei, SE Schweden)

Die Umfrage über Hindernisse in der Lehrerschaft erbrachte bei 161 Lehrkräften aus Schleswig-Holstein, Irland, Schweden und Sizilien als wichtigste Gründe die drei Klassiker: Zeitmangel, Ressourcenprobleme und Nicht-Passung ins Curriculum. Hierbei zeigten sich die erfahrenen Lehrkräfte allerdings vom Ressourcenmangel am wenigsten beeindruckt.

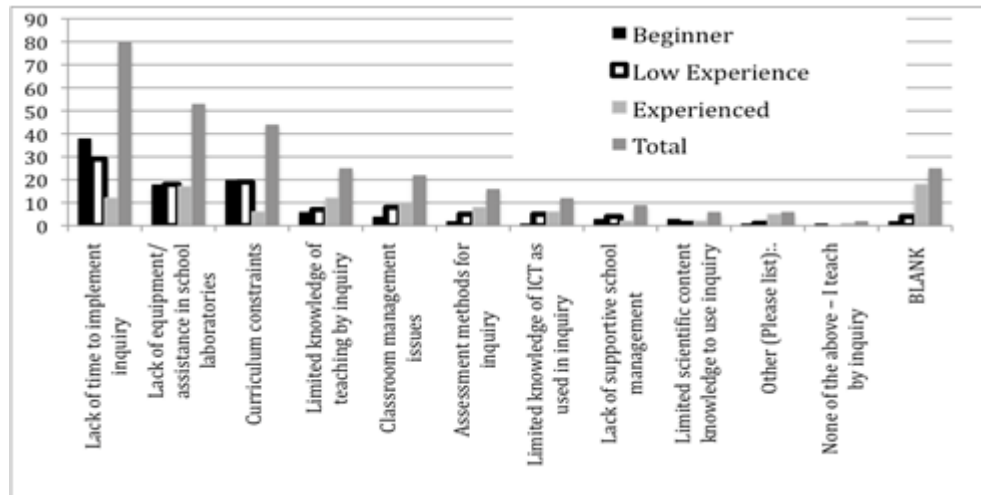


Abb. 2: Haupthindernisse der Implementation von IBSE im Unterricht nach Dauer der Erfahrung der Befragten (n=161)

Umsetzungsstrategien im Detail

Die ersten Versuche, die neuen Module in die Schulpraxis zu bringen, wurden durch Lehrerfortbildungen gemacht. Eine Gruppe traf sich dabei in Dublin, die aus Lehrkräften aus Irland und Malta bestand. Andere Ansätze nutzen Lehrerfortbildungszentren in der Nähe der Universitäten oder Summerschools.

In Halle wurde ein anderer Weg eingeschlagen. In einem neu gestalteten Projektpraktikum wurden Gruppen von Studierenden mit der Aufgabe betraut, über ein Semester eine Umsetzung der internationalen Module zu versuchen. Sie hatten dabei einen langfristigen Weg zurückzulegen, der die Einarbeitung in das Thema, den Kontakt mit der Schule, den dortigen Lehrkräften und der Schülergruppe umfasste. Schließlich wurde das Modul „Erneuerbare Energie“ in einem Projektkurs der 9. Klassen eingesetzt.

Die Lerneffekte sind auf allen Seiten festzustellen. Nicht nur die Gruppen der Studierenden, auch die Lehrkräfte, die Schulleitung und die Dozierenden der Universität gewinnen Einsichten in den Fortschritt eines solchen Prozesses. So konnte beispielsweise festgestellt werden, dass die Absprachen zwischen allen Beteiligten noch sehr viel stärker optimiert werden müssen. Auch waren die Erwartungen an die studentisch geplante Evaluation des Vorhabens zunächst zu hoch und die erhobenen Daten bleiben im Trivialen.

Dennoch halten wir diese Methode für einen guten Weg, um IBSE sowohl Lehramtsstudierenden als auch Lehrkräften näher zu bringen. Als wichtigen Erfolg sehen wir, dass die Schule, mit der wir kooperieren, im laufenden Schuljahr das Fach MINT in den Stundenplan integriert hat.

Fazit und Ausblick

Wie bei vielen FP7-Projekten sind die Ansätze von ESTABLISH viel versprechend, es lassen sich in der Umsetzung in der Fläche jedoch viele Problembereiche nachweisen. Die große Zahl der zurzeit laufenden und der in den nächsten Jahren zum Abschluss kommenden Projekte lässt jedoch erwarten, dass europaweit eine gute Datenbasis für vergleichende Untersuchungen entsteht. Mit den ersten Auswertungsprogrammen, etwa dem COMENIUS Netzwerk INSTEM, wird hier ein erster Ansatz versucht. Auch die Plattform Scientix bietet gute Möglichkeiten, das sich langsam mit Details füllende Netzwerk in Europa zu beobachten.

Literatur

ESTABLISH: European Science and Technology in ActionL Building Links with Industry, Schools and Home, European Community's Seventh Programme [FP7/2007-2013] under grant agreement no 244749, www.establish-fp7.eu, accessed 07 AUG 2012
 SCIENTIX The community for science education in Europe. <http://www.scientix.eu/web/guest>

Sascha Georges
 Andreas Ammann
 Martin Lindner

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

MINT im Lehramtsstudium Eine Untersuchung zur Akzeptanz

Ausgangspunkt der Untersuchungen

Eine zunächst vorgenommene Recherche ergab, dass noch keine allgemein anerkannte Begriffsbestimmung für MINT vorgenommen wurde. Die deshalb für die Untersuchung erstellte Definition umfasst zahlreiche Facetten. Demnach vereint MINT in sich nicht nur neue Lehr- und Lernformen, sondern auch die Denk- und Herangehensweisen der vertretenen Fächer und den diesen zugrundeliegenden Wissenschaften. MINT wird damit zu einem hochkomplexen Konstrukt, das weit über den Sammelbegriff der einzelnen Fächer hinausgeht. Somit stellt MINT eine große Herausforderung für die betroffenen Akteure dar, die, wie gezeigt wurde, allerdings nicht als Nachteil, sondern als große Chance verstanden werden kann. Alle diese aufgezeigten Möglichkeiten und Merkmale von MINT lassen es als einen „Best-Practice-Ansatz“ erscheinen.

Damit dieser Ansatz Wirkung erlangen und großflächig zum Einsatz kommen kann, ist es von essentieller Bedeutung, dass er bei den mit seiner Umsetzung betrauten (angehenden) Lehrenden Akzeptanz findet. Nach Lucke (1995, 1998) ist Akzeptanz ein situativer Zustand, der im Wesentlichen nicht von Merkmalen des Objektes beeinflusst wird, sondern vielmehr durch Merkmale der Person, die das Objekt einschätzt.

In dieser Arbeit wurde untersucht, inwieweit die Überzeugungen und motivationalen Orientierungen der Lehramtsstudierenden als personenbezogene Merkmale die Akzeptanz beeinflussen. Beide Merkmale konnten in unterschiedliche Bereiche unterteilt werden, unter denen die Beliefs und die motivationalen Orientierungen herausragen. Daraus wurde die Hypothese entwickelt, dass die verschiedenen Beliefs und motivationalen Orientierungen, je nach ihrer entsprechenden Ausprägung, unterschiedlichen Einfluss auf die Akzeptanz von MINT ausüben. Diese leitet zu einer weiteren Arbeitshypothese: die von Neuhaus und Vogt (2005) beschriebenen Lehrertypen, die ebenfalls im Wesentlichen auf den verschiedenen Ausprägungen besagter Überzeugungen und motivationalen Orientierungen beruhen, lassen sich auch auf die Untersuchungsgruppe anwenden und ihre Antworten stehen ebenfalls im Zusammenhang mit der Akzeptanz von MINT.

Untersuchungsdesign

Um die Hypothesen zu überprüfen, wurden 123 Lehramtsstudenten der Fächer Biologie, Chemie, Mathematik und Physik an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg befragt. Die dabei verwendeten Testitems stammten größtenteils aus bereits evaluierten Testinstrumenten anderer Untersuchungen (Riese, 2009; Abd-El-Khalick, Lederman, Bell & Schwartz, 2002; Neuhaus & Voigt, 2005). Die Analyse der Ergebnisse durch verschiedene Auswertungsverfahren (Cronbachs Alpha; Trennschärfekoeffizient nach Revelle & Zinnbar, 2009; Faktorenanalyse nach Venables & Ripley, 2002 und Wilcoxon-Tests nach Bauer, 1979) zeigte grundsätzlich eine Anwendbarkeit der Testinstrumente auf die Erhebung. Alle Auswertungen wurden in R durchgeführt (R Development Core Team, 2009; Revelle, 2011).

Ergebnisse und Diskussion

Die Fragebogenerhebung ergab sehr hohe Werte im Bereich „Akzeptanz“ von MINT unter den Lehramtsstudenten (80 % der Antworten in der Kategorie „hoch“). Die vermuteten Zusammenhänge zwischen den genannten Merkmalen der Probanden und der MINT-Akzeptanz konnten nicht nachgewiesen werden. Aufgrund der hohen gemessenen Werte im Bereich Akzeptanz ist allerdings mit einem „Deckeneffekt“ zu rechnen, der die Identifizierung von Zusammenhängen zwischen dem Konstrukt „Akzeptanz“ und den personenbezogenen Merkmalen verhindert. Eine Optimierung der Testitems für „Akzeptanz von MINT“ ist erforderlich, um Zusammenhänge nachweisen zu können.

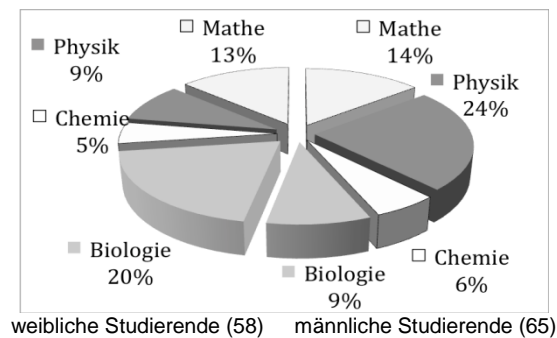


Abb. 1: Verteilung der Befragten auf die Fächer ($n=121$, da drei Doppelungen in Fächerkombinationen. Mittlere Abiturnote 2,1, mittlere Semesterzahl 4)

Darüber hinaus zeigte die Typisierung der Befragten nach Neuhaus und Vogt (2005), dass der Großteil der Probanden dem pädagogisch-innovativen Typ angehörte, während die beiden anderen Typen nur in geringem Umfang vertreten waren. Die seltenen Fälle von niedriger „MINT-Akzeptanz“ lagen vor allem bei Lehramtsstudenten des fachlich-etablierten Typs vor. Die Unterschiede hinsichtlich der „MINT-Akzeptanz“ waren signifikant. Dieses Ergebnis erscheint angesichts der Merkmale dieses Typs im Vergleich mit den Eigenschaften von MINT, wie es in der Arbeit definiert wurde, durchaus sachimmanent.

Durch die Vernetzung der Ergebnisse der Fragebogenerhebung bezüglich allgemeiner Merkmale, der Beliefs und der motivationalen Orientierungen mit den gewonnenen Erkenntnissen zum Zusammenhang von Lehrertypen und MINT-Akzeptanz, konnte die ‚Extremgruppe‘ der MINT-Gegner, beschrieben werden. Neben den Merkmalen des fachlich-etablierten Typs war für diese Gruppe eine hohe fachliche Selbstwirksamkeitserwartung kennzeichnend.

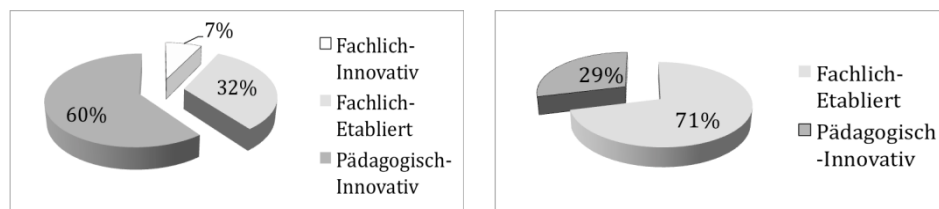


Abb 2: Verteilung der Lehrertypen nach Neuhaus und Vogt (2005) in der Gesamtstichprobe
Abb.3: Verteilung der Lehrertypen nach Neuhaus und Vogt (2005) in der Teilpopulation „MINT-Gegner“ in Prozent.

Fazit und Ausblick

Auch wenn diese Ergebnisse, begrenzt durch die Verteilungsschiefe der Daten zur MINT-Akzeptanz, nur mit Einschränkungen Gültigkeit beanspruchen können, ist mit der vorliegenden Arbeit doch ein wichtiger Schritt für die Ermittlung von Faktoren für die Akzeptanz von Innovationen wie MINT gelungen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Identifizierung von Zusammenhängen zwischen personenbezogenen Merkmalen und „MINT-Akzeptanz“ eine Optimierung der Testinstrumente erfordert. Durch den Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen dem pädagogisch-innovativen Lehrertyp und hoher „MINT-Akzeptanz“ konnte eine prinzipielle Richtung für weiterführende Forschungsarbeiten abgeleitet werden.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F., Lederman, N.G., Bell, R.L. & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science-Questionnaire (VNOS). Toward valid and meaningful assessment of learners conceptions of the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521
- Bauer, D.F. (1979). Constructing confidence sets using rank statistics. *Journal of the American Statistical Association*, 67, 687-690
- Lucke, D. (1995). Akzeptanz. Legitimität in der „Abstimmungsgesellschaft“. Opladen: Leske & Budrich
- Lucke, D. (1998). Riskante Annahmen – Angenommene Risiken. Eine Einführung in die Akzeptanzforschung. In D. Lucke & M. Hasse (Hrsg.), *Annahme verweigert. Beiträge zur soziologischen Akzeptanzforschung*. Opladen: Leske & Budrich, 13-35
- Neuhaus, B. & Vogt, H. (2005). Dimensionen zur Beschreibung verschiedener Biologielehrertypen auf Grundlage ihrer Einstellung zum Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 73-84
- R Development Core Team (2009). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>
- Revelle, W. (2011). *Psych: Procedures for Personality and Psychological Research* Northwestern University, Evanston. <http://personality-project.org/r/psych.manual.pdf>, 1.01.9.
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Lehrkräften*. Berlin: Logos-Verlag
- Venables, W. N. & Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. New York: Springer

ESTABLISH: Policy making im MINT-Bereich

Einleitung

Die Akteure in MINT, das als Akronym für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik steht, bilden auf vielen Ebenen Netzwerke. Dies können internationale Projekten wie ESTABLISH mit dem Ziel der Lehrer(fort)bildung, bundesweite Internetplattformen oder auch regionale und lokale Initiativen von Unternehmen, Vereinen oder auch engagierten Einzelpersonen sein. Eine Aufgabe ist es, diese Akteure nicht nur zu benennen, sondern ihre Vernetzung und die dadurch zustande kommende Dynamik zu erforschen. Dieser Aufgabe wird im Rahmen des ESTABLISH-Programms auf verschiedenen Ebenen nachgegangen. In diesem Artikel stellen wir Ergebnisse aus Recherchen in zwei Bundesländern, Ergebnisse aus der MoMoTech-Studie und aus unserer internationalen Interviewstudie vor.

MINT-Netzwerke in Schleswig-Holstein und Sachsen-Anhalt

Um eine Übersicht über die Projektlandschaft zu bekommen, wurde im Herbst 2011 eine Bestandsaufnahme aller Projekte im MINT-Bereich der Bundesländer Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein durchgeführt. Unter dem Begriff Projekt werden in dieser Studie sämtliche Aktivitäten für Kinder und Jugendliche (einschließlich Studienwahlphase nach dem Abitur), die MINT-Bildung vermitteln oder stärken wollen, verstanden. Bei der Analyse wurden die Art des Projektes, die Sponsoren oder Partner und die Verlinkung zu weiteren Projekten erfasst.

Die Suche im Internet ergab eine Anzahl von 100 Projekten in Schleswig-Holstein und 111 in Sachsen-Anhalt. Hinzu kommen mehr als 60 Sponsoren oder Förderer wie zum Beispiel das Bundesministerium für Bildung und Forschung oder Handelskammern und Verbände (DVI, VDE, DVT usw.), die überregional tätig sind. Die Einteilung der Projekte in Kategorien zeigt die Tabelle 1.

Kategorien der Projekte	Schleswig-Holstein n=100	Sachsen-Anhalt n=111
Wettbewerbe	30 %	25 %
Praktika, Motto-Tage, Akademien	22 %	19 %
Schülerlabor	11 %	8 %
Plattform	7 %	7 %
Ausstellung	6 %	7 %
Initiative	3 %	5 %
Sonstiges	21 %	28 %

Tab. 1: Verteilung der MINT-Projekte in Schleswig-Holstein und Sachsen-Anhalt

Dass die Wettbewerbe bei dieser Analyse am häufigsten auftauchen, kann darauf zurückgeführt werden, dass es sich hier vor allem um bundesweite Angebote handelt. Außerdem bedarf die Teilnahme an ihnen einen geringeren Aufwand für die Lehrkräfte da Schülerinnen und Schülern auf eigene Verantwortung mitmachen können. Auch

können sie in der Schule stattfinden, so dass keine Anreise notwendig ist und die Teilnahme dadurch erleichtert wird.

Aussagen über die Qualität der verschiedenen Projekte können nicht getroffen werden. Ebenso wenig ist es möglich einzuschätzen, wie viele Schülerinnen und Schüler jeweils erreicht werden.

Auffällig ist, insbesondere in Sachsen-Anhalt, die geringe Vernetzung der Projekte. Diese wurde über die Verlinkung der Webseiten untereinander gemessen und existiert hauptsächlich über bundesweite Projekte wie „komm mach MINT“ (12%) oder „Lernort Labor“ (9%). Eine ähnliche Situation schilderte kürzlich der Minister für Kultus, Jugend und Sport aus Baden-Württemberg, Thomas Schenk: Aus Sicht der Schule ist es inzwischen sehr schwierig geworden aus der Vielzahl der Angebote zur MINT-Förderung dasjenige herauszufinden, das auf die Situation der Schülerinnen und Schüler, der Schule und des wirtschaftlichen Umfelds passt. Es bestehe die Gefahr der Überfrachtung (Schenk, mdl. Mitt.).

Deutschlandweite Ergebnisse aus MoMoTech

Die fehlende Verzahnung der Projekte untereinander stellt auch die MoMoTech-Studie (2011) fest. Die Studie analysiert Technikprojekte, die einen großen Teil des MINT-Bereichs darstellen, auf ihre Wirksamkeit.

Insgesamt wurden fast 1200 Projekte in die Erhebung einbezogen. Nach dieser Analyse gibt es im Nordwesten deutlich mehr Projekte als im Südosten Deutschlands. Die Verteilung entspricht damit nicht dem Nord-Süd Gefälle der deutschen Wirtschaft und legt den Schluss nahe, dass Projekte vorrangig bildungspolitisch initiiert werden und die Initiatoren und Sponsoren eher zufällig verteilt sind. Das bedeutet auch, dass Projekte nicht aufgrund tatsächlichen Fachkräftemangels gestartet werden. Allerdings muss auch hier angemerkt werden, dass es sich um eine reine quantitative Erfassung handelt und weder die Qualität der Projekte noch die Anzahl der erreichten Schülerinnen und Schüler in die Analyse eingehen. Die Studie zeigt zudem, dass es häufig eine Diskrepanz zwischen den aufgestellten Zielen und den schließlich erreichten Zielgruppen gibt. Einher geht dies mit dem Bedarf an einer didaktisch sinnvollen Ausstattung und pädagogischen Kompetenz.

Ein Fazit ist, dass es an Initiativen und förderbereiten Sponsoren nicht mangelt, aber im Sinne einer effizienten Ressourcennutzung eine zentrale Organisation ebenso wünschenswert wäre wie eine größer angelegte Evaluation.

Internationaler Vergleich der Implementation von Innovationen im MINT-Bereich

Da Projekte im MINT-Bereich in der Regel außerschulische „Add-on“s sind und von diversen Initiatoren und Sponsoren vorangetrieben werden, stellt sich die Frage, wie Innovationen im MINT-Bereich in die Schule kommen.

Um dieser Frage nachzugehen, wurden leitfragengestützte Interviews mit Stakeholdern aus der Schulverwaltung oder Projekten in solchen Ländern geführt, aus denen Vertreter am ESTABLISH-Projekt beteiligt sind. Unter den befragten Ländern sind beispielsweise Italien, Irland, Malta, Türkei, Zypern und die Tschechische Republik.

Inhaltlich war das Interview in drei Blöcke unterteilt; es wurde zuerst nach den Innovationen der letzten fünf Jahre gefragt, dann nach der Struktur der Organisation hinter der Implementation und schließlich nach fördernden oder hindernden Faktoren bei der Umsetzung der Innovation.

Tab. 2 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse in Stichworten. Sie sind in Fallstudien zusammengefasst. Es ist zunächst noch nicht möglich, die Auswirkungen der Initiativen abzuschätzen. Auffällig ist jedoch, dass fast überall MINT-Initiativen ergriffen wurden und diese eine sehr positive Hervorhebung erfahren; auffällig ist auch, dass wir in den

meisten Ministerien oder anderen Administrationen mit MitarbeiterInnen sprachen, die selbst als Lehrkräfte gearbeitet hatten. Daher sind bei ihnen eine Unterrichtsnähe und ein Grundverständnis von schulischem Lehren und Lernen vorhanden. Entscheidungen am „grünen Tisch“ und lediglich aus politischen Gründen sind unwahrscheinlicher geworden. Wir führen das auch auf die Veränderungen in den Administrationen im Sinne einer Governance statt eines Governements zurück (s. hierzu Lindner /Bindel 2012).

Land	Merkmale der Implementation von MINT-Innovationen
Dänemark	Starke Zivilgesellschaft Autonomie der Regionen und Schulen hoch
Deutschland (Schl.-Holst., Brandenburg)	Zunehmende Schulautonomie erleichtert Innovationen MINT-Bereich stark von SINUS beeinflusst Bildungsstandards fördern MINT
Irland	Extreme Abhängigkeit vom zentralen Prüfungssystem Innovative Schulverwaltung, aber Lehrkräfte durch „Teaching on the Test“ verunsichert
Israel	Zentralisiertes System: Fortbildung und Assessment in einer Hand. Abstimmung von Tests mit innovativen Methoden im MINT-Bereich. Innovation und Forschung durch das renommierte Weizman-Institut
Türkei	Stark zentralisiert, Zentralisierung und Kontrolle nehmen aus politischen Gründen zu, Gefahr der Fundamentalisierung der Bildung. Innovationen kommen aus „closed shops“. Autonomie von Schulen und Lehrkräften wird kritisch gesehen.
Italien	Unübersichtliche Situation durch starke Dezentralisierung und unübersichtliche Verwaltungsstrukturen. Positive Berichte über einzelne Initiativen.
Tschechische Republik	Traditionelles, hierarchisches System (Government) Schulverwaltung hat einen External advisor für den MINT-Bereich, der jedoch Probleme in der Verwirklichung sieht.
Zypern	Beginnende Aufweichung des alten Curriculums, Kombination von Top-Down und bottom up, External advisor aus Griechenland, der in Großbritannien ausgebildet wurde.

Tab. 2: Stichwortartige Zusammenfassung einer Interviewstudie mit internationalen Bildungseinrichtungen, die Innovationen im MINT-Bereich verantworten

Fazit und Ausblick

Die Analyse von MINT-Netzwerken vermag zunächst wichtige Ergebnisse zum Policy making zu geben. Es soll in der Folge versucht werden, über soziologische Feldmethoden auf die Güte der Verbindungen in den Netzwerken, auf die Funktion der „Hubs“ und auf die Frage einzugehen, ob eine erfolgreiche Implementation eher von einzelnen, charismatischen Personen ausgeht oder durch eine gute Organisation erreicht werden kann.

Literatur

- ESTABLISH: European Science and Technology in ActionL Building Links with Industry, Schools and Home, European Community's Seventh Programme [FP7/2007-2013] under grant agreement no 244749, www.establish-fp7.eu, accessed 07 AUG 2012
- Lindner, M., Bindel, L. (2012). Interviewstudie in der Bildungsadministration europäischer Länder zur Förderung des MINT-Unterrichts. In S. Bernholdt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Jahresband der GDCP, 346-348
- Monitoring von Motivationskonzepten für den Techniknachwuchs (MoMoTech), acatech, 2011

Thomas Amenda¹
 Horst Schecker²
 Christoph Kulgemeyer²

¹Berufsbildende Schulen Ammerland
²Universität Bremen

Bedeutung fachlicher Elementarisierungen für das Verständnis der Kinematik

Die Oberstufenphysik beginnt an vielen Schulen traditionell mit der Kinematik. Dabei orientiert sich die Darstellung der Kinematik häufig an den jeweils im Unterricht eingesetzten Schulbüchern. Von großer Bedeutung für das Verständnis der Kinematik sind deshalb die von den Schulbuchautoren vorgenommenen fachlichen Elementarisierungen.

Um die in der theoretischen Physik zur Beschreibung von Bewegungen gebräuchlichen Gleichungen für die Lerngruppen der Oberstufe anzupassen, sind fachliche Elementarisierungen unumgänglich. Dabei sind von Schulbuchautoren einige Entscheidungen getroffen worden, die aus fachlicher Sicht zumindest zweifelhaft sind. Verständnisschwierigkeiten der Kinematik, die seit vielen Jahren bekannt sind und diskutiert werden (Warren, 1979), werden nicht berücksichtigt. Fachdidaktische Untersuchungen zeigten, dass sich Fehlvorstellungen in der Kinematik dadurch vermeiden lassen, dass Bewegungen von Anfang an zweidimensional eingeführt werden (Wilhelm & Heuer, 2002). Ebenso konnte gezeigt werden, dass sich vektorielle Größen der Kinematik bereits in der Mittelstufe mit entsprechenden Pfeilen darstellen lassen (Schüller & Wilhelm, 2008).

Vor diesem Hintergrund soll die hier vorgestellte Untersuchung die bislang an Allgemeinbildenden Schulen gewonnenen Erkenntnisse über vektorielle Zugänge zur Kinematik auf den berufsbildenden Bereich ausdehnen (insbes. Fachoberschule Technik). Die dazu geplante und größtenteils bereits durchgeführte Untersuchung beinhaltet eine Lehrbuchanalyse und -kritik sowie die Entwicklung und Erprobung einer konsequent vektoriellen Behandlung der Kinematik.

Schulbuchanalyse

In dieser ersten Teilstudie wurde die Darstellung der Kinematik in verbreiteten Physik-Schulbüchern analysiert (Metzler Physik³, Kuhn Physik 2⁴, Physik Oberstufe Gesamtband⁵, Dorn-Bader Physik 1⁶). Von besonderem Interesse war hier einerseits, wie die Schulbuchautoren die kinematischen Beschreibungsgrößen *Ort*, *Ortsverschiebung*, *Weg*, *Geschwindigkeit*, *Tempo* und *Beschleunigung* einführen und andererseits, wie sie die Translationsbewegungen insgesamt darstellen.

Die Analyse ergab vier wesentliche Problembereiche der Schulbuchdarstellungen:

- Vektorielle Größen werden wie Skalare behandelt.
- Eine Größe „Weg“ wird zur Beschreibung von Bewegungen mehrdeutig herangezogen (Ortskoordinate, zurückgelegte Strecke, Ortsverschiebung etc.).
- Anstelle von *Ort-Zeit*-Diagrammen werden *Weg-Zeit*-Diagramme verwendet.
- Das Formelzeichen *s* kommt in unterschiedlichen Bedeutungen vor.

Zusammenfassend kann die Darstellung der Translationsbewegungen in den hier analysierten Schulbüchern als inkonsistent und nicht systematisch tragfähig bezeichnet werden.

Die Reduktionsentscheidung, vektorielle Größen wie Skalare zu behandeln, hat einen wesentlichen Einfluss auf die weitere Darstellung der Kinematik. Durch diese Entmathematisierung werden viele Verständnisprobleme möglicherweise sogar erst geschaffen. Annahme der Folgestudien war und ist die These, dass ein konsequent vektorieller Ansatz unterrichtbar ist und von den Schülern verstanden wird, auch wenn die Vektorrechnung in der Mathematik dem Physikunterricht hinterher eilt – ein alt bekanntes Problem der Abstimmung zwischen dem Physik- und dem Mathematikunterricht.

Vergleichsstudie unter Laborbedingungen

Um die These zu überprüfen, dass ein konsequent vektorieller Ansatz zu besseren Ergebnissen führt als der skalare Schulbuchansatz, wurde im November/ Dezember 2010 eine Vergleichsstudie an der Fachoberschule Technik der Berufsbildenden Schulen Ammerland durchgeführt. Dafür wurden aus zwei Klassen (N=54) auf Basis von Vortests (KFT + Kinematik + Selbstkonzept) zwei vergleichbare Gruppen gebildet. Die Klassenverbände wurden für die Interventionszeit von jeweils vier Unterrichtsstunden aufgelöst. Beide Gruppen erhielten vor Beginn der Studie im Mathematikunterricht eine Einführung in die Vektorrechnung. Für beide Gruppen bzw. beide Darstellungen wurde jeweils ein sieben bzw. acht Seiten umfassendes Skript mit einer dazu passenden Formelsammlung entwickelt:

- Gruppe 1 (N=26): skalarer Schulbuchansatz (Darstellung I)
- Gruppe 2 (N=28): konsequent vektorieller Ansatz (Darstellung II)

Der entwickelte Kinematik-Nachttest umfasst 31 Items, für folgende Lernziele:

- Transfer von eindimensionalen auf zweidimensionale Bewegungen,
- Unterscheiden zwischen Durchschnitt*geschwindigkeit* und Durchschnitt*tempo*,
- Unterscheiden zwischen *Ortsverschiebung* und *Weg*.

Die Unterrichtssequenz wurde in beiden Gruppen vom Erstautor dieses Artikels in gleicher Weise durchgeführt, wobei darauf geachtet wurde, dass der skalare Schulbuchansatz von den Schülern nicht etwa als schlechter oder falsch aufgefasst werden konnte. Die Unterrichtsdurchführung war für beide Darstellungen auf Basis des jeweiligen Skripts genau festgelegt. Die Auswertung zeigte für den Gesamtttestscore keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bzw. den beiden Darstellungen. Das Vektorkonzept wurde von den Schülern der Gruppe 2 auch bei Analyse zentraler Items nicht in ausreichendem Maße angewendet. Dieses so nicht erwartete Ergebnis könnte folgende Ursachen haben:

- Die Interventionszeit war mit 4h zu kurz. Die skalare Sichtweise ist auch den Schülern der Gruppe 2 noch zu vertraut.
- Fehlender eigentlicher Nachttest: Aufgrund unvorhersehbarer Unterrichtsausfälle vor den Ferien konnte der Nachttest erst vier Wochen nach der Unterrichtssequenz durchgeführt werden und hatte damit eher den Charakter eines verzögerten Nachttests.
- Zu geringe Verarbeitungstiefe durch die Schüler: Die Unterrichtssequenz hatte keinen Einfluss auf die Zeugnisnote.
- Die Aufgaben des Kinematik-Nachttests waren zu anspruchsvoll und noch nicht optimal auf das Unterrichtsskript abgestimmt, worauf auch die eher geringe Reliabilität von 0,64 (Cronbachs-Alpha) hindeutet.

Oder: Ein konsequent vektorieller Ansatz ist – entgegen der Ausgangsthese – nicht oder zumindest in der erprobten Form nicht lernwirksam unterrichtbar.

Pre-Post-Studie unter Laborbedingungen

Da in der Vergleichsstudie implizit davon ausgegangen wurde, dass sich ein konsequent vektorieller Ansatz mit dem hier entwickelten Unterrichtskonzept (Darstellung II) lernwirksam unterrichten lässt, sich dann aber kein signifikanter Unterschied zeigte, musste nun die lernwirksame Unterrichtbarkeit selbst überprüft werden. Dazu wurde im November/ Dezember 2011 eine Pre-Post-Studie an der Fachoberschule Technik mit zwei 12. Klassen durchgeführt (N=48):

- FOT (N=29): Berufliche Fachrichtung: Metalltechnik, Bautechnik, Holztechnik
- FOI (N=19): Berufliche Fachrichtung: Elektrotechnik, Informatik

Im Vergleich zur vorherigen Studie wurden folgende Änderungen im Unterrichtskonzept vorgenommen:

- Erweiterung der Unterrichtssequenz um einen Aufgaben- und Übungsteil (+4 Unt.Std.),
- Erweiterung der Formelsammlung von 1 auf 4 Seiten,
- Integrative Einführung der kinematischen Größen als Vektoren,

- Erweiterung und Anpassung des Kinematik-Nachtests von 31 auf 45 Items.
 Der Nachtest wurde unmittelbar am Ende der Unterrichtssequenz geschrieben, unmittelbar vor der notenrelevanten Klassenarbeit zum gleichen Themengebiet. Die Reliabilität des Tests (45 Items) konnte auf 0,85 (Cronbachs-Alpha) verbessert werden.
 Die Auswertung der Leistungen zeigte mit einem t-Wert ($t=7,54$; bei normalverteilten Leistungsdaten) einen hoch signifikanten Leistungszuwachs zwischen den kinematischen Vor- und Nachtests (31 identische Items): FOT + FOI (N=48): von 40% auf 56% = +16%; FOT (N=29): von 39% auf 50% = +11%, FOI (N=19): von 42% auf 66% = +24%.
 Bemerkenswert ist hier der große Unterschied zwischen den beiden Klassen, die sich in beiden Vortests (KFT und Kinematik) nicht signifikant unterschieden. Auch die Ergebnisse der Klassenarbeit zeigten, dass das Vektorkonzept von fast allen Schülern zur Problemlösung angewendet werden konnte. Parallel zu dieser Untersuchung wurde der konsequent vektorielle Ansatz zusätzlich in drei 12. Klassen der Fachoberschule Wirtschaft erprobt. Auch hier zeigten die Ergebnisse der Klassenarbeit das Erreichen wesentlicher Lernziele und eine hohe Lernwirksamkeit. Auch in dieser Schulform lassen sich demnach die für die Kinematik benötigten Elemente der Vektorrechnung integrativ unterrichten.

Pre-Post-Studie unter Feldbedingungen

Die in der beschriebenen Studie unter kontrollierten Bedingungen (schulische Laborstudie) gezeigte Lernwirksamkeit soll nun unter realen Schulbedingungen überprüft werden (schulische Feldstudie). Entsprechende Vorgespräche mit den Fachlehrern für Naturwissenschaften an den Berufsbildenden Schulen haben bereits stattgefunden. Zwei Lehrkräfte werden jeweils eine 12. Klasse der Fachoberschule Technik nach dem konsequent vektoriellen Ansatz (Darstellung II) unterrichten. Den Kollegen werden das 12-seitige Unterrichtsskript sowie alle weiteren Unterrichtsmaterialien und Tests zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse zur Lernwirksamkeit werden im Frühjahr 2013 ausgewertet sein.

Literatur

- ⁶Bader, F. & Dorn, F. (Hrsg.) (1998). Physik 11 Ausgabe A Gymnasium Sek II. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage: Westermann, Schroedel, Diesterweg, Schöningh, Winklers GmbH
- ⁵Diehl, B., Erb, R., Heise, H., Kotthaus, U., Lindner, K., Schlichting, H.-J., Schmalhofer, C., Schön, L.-H., Schröder, K. G., Schulze, H., Schulze, P. M., Tews, W., Tillmanns, P. C. & Winter, R. (2008). Physik Oberstufe Gesamtband, 1. Aufl. Berlin: Cornelsen Verlag
- ³Grehn, J. & Krause, J. (Hrsg.) (2008). Metzler Physik. 4. Aufl. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage: Westermann, Schroedel, Diesterweg, Schöningh, Winklers GmbH
- Greiner, W. (2003): Theoretische Physik - Klassische Mechanik I. 7. Aufl. Frankfurt/Main: Verlag Harri Deutsch
- ⁴Kuhn, W. (Hrsg.) (2000). Kuhn Physik 2. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage: Westermann, Schroedel, Diesterweg, Schöningh, Winklers GmbH
- Schecker, H. (1985). Das Schülervorverständnis zur Mechanik, Eine Untersuchung in der Sekundarstufe II unter Einbeziehung historischer und wissenschaftlicher Aspekte. Dissertation. Universität Bremen
- Schüller, F. & Wilhelm, T. (2008). Mechanik in der Jahrgangsstufe 7 – zweidimensional und multimedial. Didaktik der Physik, Frühjahrstagung Berlin 2008
- Tipler, W.; Mosca, G. (2004). Physik - Für Wissenschaftler und Ingenieure, 2. dt. Aufl. Heidelberg: Spectrum Akademischer Verlag
- Waltner, C.; Tobias, V.; Hopf, M.; Wilhelm, T. & Wiesner, H. (2009). Einführung in die Mechanik. Universität München, Universität Würzburg, Universität Wien
- Warren, J. W. (1979). Understanding Force, Murray, London:
- Wilhelm, T. & Heuer, D. (2002). Fehlvorstellungen in der Kinematik vermeiden - durch Beginn mit der zweidimensionalen Bewegung. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, 51 (7),29-34
- Wilhelm, T. (2007). Vektorverständnis und vektorielles Kinematikverständnis von Studienanfängern. Didaktik der Physik, Frühjahrstagung Regensburg 2007
- Wodzinski, R. (2007). Lernschwierigkeiten in der Mechanik. In Schülervorstellungen in der Physik. Aulis Verlag Deubner, 107-109

Einsatz von Visualisierungen in Grundlagenvorlesungen der Chemie

Die Abteilung Chemie der Universität Hildesheim entwickelt und evaluiert in Zusammenarbeit mit der Faculty of Agriculture und der Faculty of Education der Shizuoka University (Japan) interaktive Materialien zur Vermittlung von Grundlagenwissen des Faches Chemie. Ziel der Untersuchung ist die Erhebung des Einflusses der Visualisierungen auf den Lernerfolg der Studierenden, da deutliche Schwierigkeiten der Studierenden beim Verständnis der behandelten Inhalte von den Dozenten festgestellt wurden.

Projektbeschreibung

Computer spielen in der modernen Gesellschaft eine wichtige Rolle. Das Projekt "ChiLe - Chemie interaktiv Lernen" bietet Materialien (z. B. 3D - Moleküle, interaktive Animationen) zum computerunterstützten Chemieunterricht. Im darauf aufbauenden Projekt „ChiLe@Uni“ werden neue Lehr-/Lernkonzepte für die universitäre Lehre entwickelt und evaluiert. In einer ersten Studie wird der Einfluss computergestützter Visualisierungen (Animationen und 3D-Moleküle) auf den Lernerfolg von Studierenden untersucht. Der Einsatz der digitalen Materialien erfolgt in einer zweisemestrigen Grundlagenvorlesung: Der erste Vorlesungsteil widmet sich allgemeinen Themen (Atomaufbau, anorganische Verbindungen, Reaktivitäten von Reinstoffen) und Begriffen (Molarität, Konzentration, etc.) der Chemie. Im zweiten Teil der Vorlesung werden die Reaktionen der anorganischen Verbindungen und Reinstoffe thematisiert. Ausgangspunkt der Studie bildete die Feststellung der an der Studie beteiligten Dozenten, dass die Studierenden in den klassischen, lehrbuchbasierten Vorlesungen z. T. große Verständnisschwierigkeiten beim Erlernen der grundlegenden chemischen Konzepte haben. Dies gilt insbesondere für die Abstraktion des vermittelten Wissens, bei dem eine Vorstellung von nicht direkt beobachtbaren Prozessen und Formen entwickelt und diese Konzepte in der Folge auf andere Beispiele übertragen werden sollen. Durch den gezielten Einsatz von Visualisierungen soll an diesen Stellen der Lernprozess der Studierenden gezielter als durch die bisher verwendeten Methoden (Tafel, verbale Erklärungen) unterstützt werden. Für die Studierenden wird somit eine Basis zur Entwicklung mentaler Bilder der thematisierten Konzepte geschaffen und ihnen so der Zugang zum Erkenntnisprozess erleichtert. Dies ist für das vertiefte Verständnis der chemischen Reaktionen von größter Bedeutung. Ohne eine grundlegende Verständnisbasis kann es anderenfalls zu Schwierigkeiten beim Erlernen der weiteren, tiefergehenden Konzepte, z. B. der Biochemie, im weiteren Studienverlauf kommen. Zusätzlich zur Verwendung der Visualisierungen in den Vorlesungen werden die Visualisierungen den Studierenden zum vertiefenden Lernen auf einer Onlineplattform (moodle) zur Verfügung gestellt.

Die Evaluation des Einsatzes von digitalen Medien in der Vorlesung ist als Interventionsstudie im Pre-Post-Design angelegt, um die klassische Form (Vortrag mit ergänzendem Tafelbild) mit der mediengestützten Form der Vorlesung vergleichen zu können. Zusammen mit der Validierung hat die Studie eine Gesamtlaufzeit von insgesamt 2,5 Jahren, da sowohl in der Kontrollgruppe als auch in der Experimentalgruppe beide Vorlesungsteile untersucht werden. Neben den Fragebögen werden für den weiteren Verlauf der Studie zusätzlich Klausurergebnisse und Videoaufzeichnungen aus der Vorlesung berücksichtigt sowie die Nutzung der angebotenen Onlineplattform erhoben.

Theoretischer Rahmen

Das Selbstwirksamkeitskonzept (self-efficacy, Bandura, 1986) beschreibt die Überzeugung des einzelnen Menschen, bestimmte Tätigkeiten im Rahmen seiner eigenen Möglichkeiten und Fähigkeiten ausführen zu können und auf diesem Wege zu einem gewünschten Ergebnis zu gelangen. Diese wahrgenommene Selbstwirksamkeit trägt maßgeblich zur Metamemorisierung von Wissen bei. Sie kann beim Lernen den Erfolg oder Misserfolg der Studierenden durch die Beeinflussung der kognitiven, affektiven und motivationalen Prozesse mitbestimmen. Hierbei ist besonders die motivationale Ebene herauszustellen, welche maßgeblich durch die kognitive Aktivität bestimmt ist (Bandura, 1989). Infolgedessen wurden in der chemiedidaktischen Grundlagenforschung sowohl die Wahrnehmung der Chemie und chemiebezogener Themen (Dalgety et al., 2003) als auch die Selbsteinschätzung der eigenen chemiebezogenen Fähigkeiten (Uzuntiryaki & Çapa Aydın, 2009) zur Studienwahl als auch der Studienerfolgsbeurteilung herangezogen. Bei der Verwendung der Visualisierungen ist es zusätzlich erforderlich, die Selbstwirksamkeit der Studierenden bezogen auf den Umgang mit Computern und die Arbeit mit dem Internet als Lernort (Gallagher, 2007; Forman & Pomerantz, 2006; Yavuz, 2005) zu erheben. Aufgrund ihrer Onlineverfügbarkeit und bedingt durch ggf. geringe Computerkenntnisse der Studierenden können diese zu einer Nutzungsbarriere werden.

Entwicklung und Validierung des Fragebogens

Zur Erhebung der Veränderung in Bezug auf die Einstellung zur Chemie sowie das chemiebezogene Selbstkonzept von Studierenden wurde auf der Basis von Literaturdaten ein Fragebogen entwickelt und pilotiert. Der Fragebogen beinhaltet des Weiteren Items zur Erhebung der Einstellung zum Technikeinsatz von Studierenden in der universitären Lehre und die Einschätzung ihrer eigenen Computerkenntnisse. Für die Konstruktion des Fragebogens wurden der „Chemistry attitudes and experiences questionnaire“ (Dalgety et al., 2003), die „Chemistry self-efficacy scale“ (Uzuntiryaki & Çapa Aydın, 2009), der Fragebogen zu „Computer skills and Learning“ (Forman & Pomerantz, 2006) sowie die „Computer user self-efficacy scale“ (Yavuz, 2005) verwendet. Die dort entwickelten Items und Skalen wurden nach Relevanz für die vorliegende Erhebung bewertet und nachfolgend in einem neuen Fragebogen zusammengestellt. Einen Überblick der verschiedenen Teilbereiche des verwendeten Fragebogens bietet Abb.

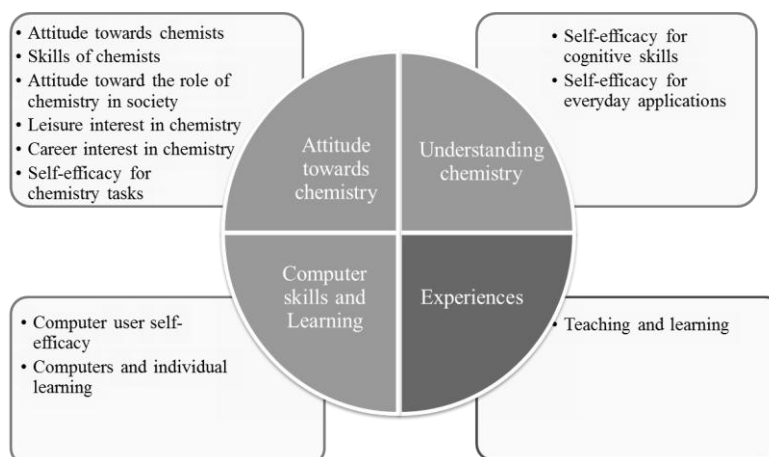


Abb 1: Übersicht der Teilbereiche des verwendeten Fragebogens „Attitudes towards chemistry“, „Understanding chemistry“, „Computer skills and learning“ sowie „Experiences“

An der Validierung im Wintersemester 2010/2011 nahmen 91 Studierende im Alter von 18 und 19 Jahren teil (weibl. = 41, männl. = 50). Es handelt sich hierbei hauptsächlich um Studienanfänger (85,7 %) der Studiengänge Forestry Sciences, Applied Biological Chemistry und Biosciences. Die Validierung der verwendeten Skalen erfolgte mittels der Berechnung von Cronbach alpha (vgl. Abb. 2). Die Ergebnisse liegen im vergleichbaren Rahmen der Validierungen der Fragebogenentwickler und lagen teilweise sogar höher als in der verwendeten Literatur angegeben.

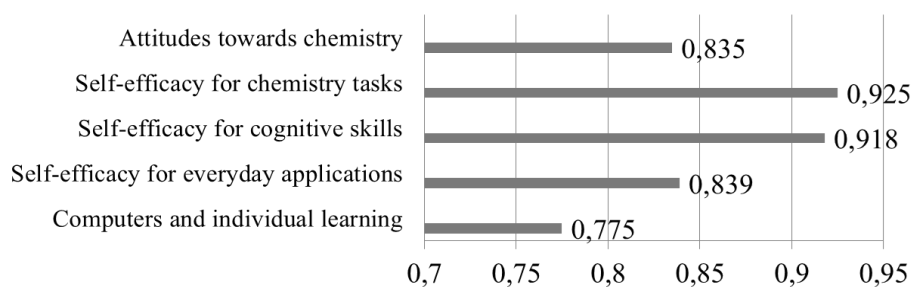


Abb. 2: Ergebnisse der Analyse von Cronbach alpha der verwendeten Skalen aus den Ergebnissen der Erhebung in der Validierungsgruppe.

In der Auswertung der Validierungsfragebögen konnte in erster qualitativer Betrachtung eine hohe Tendenz der Studierenden zur geringen Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten festgestellt werden. Diese spiegelt sich jedoch nicht zwangsläufig im Gesamtergebnis des Kurses wider, wie die Klausurergebnisse belegen.

Zusammenfassung und Ausblick

Der Fragebogen wurde nach der Neuzusammenstellung erfolgreich validiert und kann somit für die weiteren Befragungen der Kontroll- und Experimentalgruppen verwendet werden. Die Befragung der Kontrollgruppen erfolgte anhand der hier validierten Fragebögen im darauf folgenden Sommer- bzw. Wintersemester. Derzeit findet die Befragung der letzten Experimentalgruppe statt, so dass die Analyse der Ergebnisse nach Abschluss der Erhebungen der Vorlesungen gestartet werden kann.

Literatur

- Bandura, A. (1986). The Explanatory and Predictive Scope of Self-Efficacy Theory. *Journal of Social and Clinical Psychology*, 4 (3), 359-373
- Bandura, A. (1989). Regulation of cognitive processes through perceived self-efficacy. *Developmental Psychology*, 25 (5), 729-735
- Dalgety, J.; Coll, Richard K.; Jones, A. (2003). Development of Chemistry Attitudes and Experiences Questionnaire (CAEQ). *Journal of Research in Teaching Science*, 40 (7), 649-668
- Forman, L. J.; Pomerantz, S. C. (2006). Computer-Assisted Instruction: A Survey on the Attitudes of Osteopathic Medical Students. *The Journal of the American Osteopathic Association*, 106 (9), 571-578
- Gallagher, D. (2007). Learning styles, self-efficacy, and satisfaction with online learning: Is online learning for everyone? Dissertation. Graduate College of Bowling Green
- Uzuntiryaki, E.; Çapa Aydın, Y. (2009). Development and Validation of Chemistry Self-Efficacy Scale for College Students. *Research in Science Education*, 39 (4), 539-551
- Yavuz, S. (2005). Developing A Technology Attitude Scale For Pre-Service Chemistry Teachers. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 4 (1), 17-25

Modellversuch NWT – naturwissenschaftlich integrierte Lehrerausbildung

Zusammenfassung

An der Universität Regensburg wird für Studierende der Lehrämter Grundschule und Haupt- bzw. Mittelschule seit drei Jahren das integrierte Didaktikfach Naturwissenschaft und Technik (NWT) im Rahmen eines Modellversuchs angeboten. Das Studienfach bildet das Äquivalent zu den naturwissenschaftlichen Fächerverbänden der bayerischen Lehrpläne für die Grund- und Mittelschule. Angehende Lehrerinnen und Lehrer sollen so bereits in der ersten Phase ihrer Ausbildung optimal auf das spätere Berufsfeld vorbereitet werden.

Das NWT-Konzept verzahnt fachwissenschaftliche und fachdidaktische Aspekte von Anfang an und ist stark handlungsorientiert sowie anwendungsbezogen ausgerichtet. Um Erfahrungen beim Experimentieren mit Schülerinnen und Schülern sammeln, förderdiagnostische Kompetenzen aufbauen und Lernschwierigkeiten adäquat begegnen zu können, arbeiten Studierende verpflichtend mit Schulklassen im NWT-Lernlabor.

Neben dem Konzept des Studienfachs werden im vorliegenden Beitrag Einschätzungen aus der externen Begutachtung des Modellversuchs sowie Ergebnisse eigener Begleituntersuchungen präsentiert.

Gründe für ein naturwissenschaftlich integriertes Studienfach

Die Gründe für ein naturwissenschaftlich integriertes Schul- und Studienfach lassen sich auf mehreren Ebenen festmachen: der Ebene der Schülerinnen und Schüler, die Ebene der (angehenden) Lehrerinnen und Lehrer sowie die Ebene der Bildungspolitik.

- Kinder und Jugendliche nehmen ihre Umwelt ganzheitlich und nicht in die Einzeldisziplinen Biologie, Chemie und Physik gegliedert wahr. Eine naturwissenschaftlich integrierte Sichtweise erleichtert das Wahrnehmen von Zusammenhängen, vernetztes Denken und Handeln sowie die Auseinandersetzung mit Fragestellungen aus Alltag, Umwelt und Gesellschaft (Rehm et al., 2008).
- International betrachtet ist der naturwissenschaftliche Unterricht häufig in einem Fächerverbund organisiert statt in Einzeldisziplinen (Möller, 2007; Rehm et al., 2008). In Deutschland sind inzwischen in zahlreichen Bundesländern und Schularten ebenfalls naturwissenschaftliche Fächerverbände in den Lehrplänen verankert. Die Lehrerausbildung an Hochschulen und Universitäten muss auf die veränderten Anforderungen im Berufsfeld reagieren und Kompetenzen auf Seiten der Studierenden für einen naturwissenschaftlich integrierten Unterricht aufbauen.
- Naturwissenschaftlich-technische Bildung und Entwicklung sind für unsere Gesellschaft von großer Bedeutung. Hierfür werden einerseits mehr, andererseits aber auch besser ausgebildete Lehrerinnen und Lehrer in den naturwissenschaftlich-technischen Fächerverbänden benötigt, die das Interesse und die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler optimal fördern. Bildungspolitisch ist ein stärkeres Profil der Schulen in den Naturwissenschaften gewollt.

Ein entsprechend disziplinübergreifendes Ausbildungsangebot für Lehrerinnen und Lehrer wurde vor drei Jahren an der Universität Regensburg mit dem Modellversuch NWT geschaffen. Seit einem Jahr bietet die Freie Universität Berlin im Rahmen des Grundschullehramts ein naturwissenschaftlich integriertes Studium an. Ähnliche Studienangebote an anderen deutschen Hochschulen/Universitäten existieren bislang nicht. In der Schweiz werden Grundschullehrkräfte an allen Pädagogischen Hochschulen integriert ausgebildet, bezüglich des Sekundarstufenlehramts existieren dort an drei Pädagogischen Hochschulen verschiedene Konzepte der fächerübergreifenden Ausbildung.

Zentrale Leitideen und Konzept des Studienfachs NWT

Die Inhalte des Studienfaches NWT beziehen sich auf fachwissenschaftliche und fachdidaktische Grundlagen der Fächer Biologie, Chemie und Physik, wobei hier sowohl fachdisziplinäre/interdisziplinäre Konzepte und Methoden als auch schularten- und unterrichtsbezogene Aspekte berücksichtigt werden. Alle Lehrveranstaltungen sind so angelegt, dass ein möglichst hohes Maß an Handlungsorientierung gewährleistet wird (Planung, Durchführung und Auswertung unterrichtsrelevanter Versuche in möglichst allen Veranstaltungen, Erproben kooperativer Lernformen etc.). Diesem Studienkonzept wird Rechnung getragen, indem die Lehrveranstaltungen ausschließlich als Seminare in kleinen Gruppen in den NWT-Lernlaboren durchgeführt werden.

Die im Fach NWT aufzubauenden förderdiagnostischen Kompetenzen der Studierenden werden in allen Lehrveranstaltungen angebahnt; Seminare mit Schulklassen im Lernlabor stehen jedoch im Mittelpunkt. Dabei erheben Studierendendatensätze in jeweils einer Grundschulklasse bzw. Mittelschulklasse zu ausgewählten naturwissenschaftlichen Phänomenen/Lerninhalten die Präkonzepte, um mit individuell konzipierten Lernangeboten (z. B. Experimente, differenzierte Aufgaben) verschiedene Fördermöglichkeiten beim Besuch der Klasse im Lernlabor zu erproben. Eine Nacherhebung bietet den Studierenden Einblick, inwieweit bei den Schülerinnen und Schülern naturwissenschaftliche Konzepte angebahnt oder etabliert werden konnten.

Insgesamt sind im Rahmen von NWT von den Studierenden des Lehramts Grundschule mindestens 32 Leistungspunkte zu erbringen, von den Studierenden des Lehramts Hauptschule mindestens 41 Leistungspunkte. Der erste Studienabschnitt ist hierbei primär disziplinär orientiert, der zweite Studienabschnitt hingegen interdisziplinär ausgerichtet. Ein Überblick über die Lehrveranstaltungen der jeweiligen Studienabschnitte ist auf der NWT-Homepage zu finden.¹

Wissenschaftliche Begleitung des Modellversuchs und ausgewählte Ergebnisse

Zur Evaluation des Modellversuchs NWT wird u. a. ein Fragebogen eingesetzt, der von den Studierenden zu drei Messzeitpunkten bearbeitet wird: zu Beginn des NWT-Studiums (t1), nach Abschluss des ersten Studienabschnitts (t2) und nach Abschluss des zweiten Studienabschnitts (t3). Die Entwicklung/Einschätzung der NWT-Studierenden soll so über einen längeren Zeitraum hinweg (Regelstudienzeit: 7 Semester) verfolgt werden. Um darüber hinaus Aussagen zur Erlangung berufsrelevanter Kompetenzen durch ein naturwissenschaftlich integriertes Studium zu erhalten, ist eine Ausweitung des Erhebungszeitraums auf das Referendariat und die ersten Berufsjahre geplant. Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden/werden Erhebungen in Kontrollgruppen durchgeführt. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf t1, für diesen Messzeitpunkt liegen 294 Datensätze vor. Die große Mehrheit der NWT-Studierenden sieht ihren persönlichen fachlichen Schwerpunkt zu Beginn des Studiums erwartungsgemäß in der Biologie (N = 198), mit großem Abstand folgen Chemie (N = 50) und Physik (N = 46) (nur Einfachnennung möglich). Am meisten fachlichen Förderbedarf (ebenfalls nur Einfachnennung möglich) haben 150 der insgesamt 294 Befragten im Bereich Physik, 125 bezüglich Chemie und lediglich 19 in der Biologie. Hier setzt ein wesentliches Ziel des Modellversuchs NWT an: die Studierenden in allen drei Fachbereichen gleichermaßen auszubilden und somit besser auf die Planung und Durchführung eines naturwissenschaftlich integrierten Unterrichts in der Grundschule bzw. in der Haupt-/Mittelschule vorzubereiten.

Die Konstrukte Fähigkeitsselbstkonzept, Unterrichtsinteresse und Selbstwirksamkeitserwartung wurden in Anlehnung an Skalen von Kleickmann (2008) erhoben. Jede Skala umfasst vier Items pro Fachbereich und ein fünfstufiges Antwortformat. Die Zusammenstellung der Ergebnisse in Tabelle 1 lässt erkennen, dass die Merkmalsausprägung zu t1 jeweils bei

¹ <http://www.physik.uni-regensburg.de/nwt/studium.php>

Biologie am höchsten ist, gefolgt von Chemie und Physik. Das NWT-Team hofft u. a., das Fähigkeitsselbstkonzept, das Unterrichtsinteresse sowie die unterrichtsbezogene Selbstwirksamkeitserwartung der NWT-Studierenden v. a. in den Fachbereichen Chemie und Physik positiv entwickeln zu können.

Wie schätzen Sie Ihre jetzigen Fähigkeiten in Biologie, Chemie und Physik ein? (Fähigkeitsselbstkonzept, jeweils 4 Items, N = 294)		
Biologie $\alpha=.84$; mean=3,91	Chemie $\alpha=.88$; mean=3,00	Physik $\alpha=.87$; mean=2,85
Wie ist Ihr Interesse, biologische, chemische und physikalische Themen zu unterrichten? (Unterrichtsinteresse, jeweils 4 Items, N = 294)		
Biologie $\alpha=.84$; mean=4,51	Chemie $\alpha=.91$; mean=3,83	Physik $\alpha=.90$; mean=3,68
Wie schätzen Sie Ihre Kompetenz ein, biologische, chemische und physikalische Themen im Unterricht zu behandeln? (Selbstwirksamkeitserwartung, jeweils 4 Items, N = 294)		
Biologie $\alpha=.83$; mean=3,99	Chemie $\alpha=.87$; mean=3,30	Physik $\alpha=.85$; mean=3,12

Tab. 1

Bewertung von NWT im Rahmen der externen Evaluation²

Im Wintersemester 2011/12 wurde NWT extern begutachtet (Peer Review-Verfahren nach nationalen und internationalen Qualitätsstandards), mit großem Erfolg:

„Der Modellversuch Naturwissenschaft und Technik (NWT) an der Universität Regensburg verfolgt das Ziel, durch eine integrierte Ausbildung in den Naturwissenschaften Physik, Chemie und Biologie sowie der entsprechenden Didaktik einen deutlichen Beitrag für eine zukunftsfähige und an der Praxis orientierte Lehrerbildung zu leisten. Aus Sicht der Gutachtergruppe ist der Modellversuch innovativ, deutschlandweit einmalig und daher unbedingt förderwürdig. Es ist gelungen, das Schubladendenken der Schulfächer aufzubrechen und durch eine integrierende Herangehensweise zu ersetzen. Zudem ist der hohe Anteil von Experimenten beachtenswert. Obwohl es eine nicht geringe Herausforderung darstellt, die drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik in integrierter Form didaktisch angemessen anzubieten, handelt es sich bei dem seit zwei Jahren laufenden Modellversuch um ein erfolgreich angelegtes Pilotprojekt von gesamtgesellschaftlicher Bedeutung. Es wird der Relevanz der Naturwissenschaften durch die Ausbildung von Lehrenden für den integrierten, von vornherein interdisziplinär angelegten naturwissenschaftlichen Unterricht für die Altersgruppen der Lernenden in Grund-, Mittel- und Hauptschulen gerecht. Dies umso mehr, als Lehrerinnen und Lehrer für die naturwissenschaftlichen Fächer und Fächerverbünde deutschlandweit sehr gesucht sind.“

Literatur

- Kleickmann, T. (2008). Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis. Münster: Inaugural-Dissertation.
- Modellversuch Naturwissenschaft und Technik (NWT). Didaktikfach für das Lehramt an Grund- und Hauptschulen an der Universität Regensburg. Evaluationsbericht. Mannheim: evalag 2012.
- Möller, K. (2007). „Primary Science“ – ein internationaler Überblick. In: D. Höttecke (Hrsg.). Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Münster: LIT, Band 27, 98-121.
- NWT. <http://www.physik.uni-regensburg.de/nwt/>
- Rehm, M., Bündler, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D., Östergaard, E., Rittersbacher, C., Wilhelm, M., Genseberger, R. & Svoboda, G. (2008). Legitimierungen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs "Science". Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 99-124.

² Modellversuch Naturwissenschaft und Technik (NWT). Didaktikfach für das Lehramt an Grund- und Hauptschulen an der Universität Regensburg. Evaluationsbericht. Mannheim: evalag 2012.

Elemente chemiedidaktischer universitärer Lehrerbildung Erste Ergebnisse einer Interviewstudie

Ziel der Studie

Im Fokus einer Interviewstudie mit Experten aus erster und zweiter Phase der Lehrerbildung steht die Identifikation und Beschreibung ausbildungsspezifischer Elemente chemiedidaktischen Wissens. Auf Grundlage der inhaltsanalytischen Auswertung der Interviewdaten werden Anforderungsprofile für die Lehrerbildung abgeleitet. Daneben können über die Einschätzungen der Befragten Hinweise zur Verbesserung der Ausbildung angehender Chemielehrkräfte erhalten werden.

Ausgangslage: Strukturelle und Inhaltliche Rahmenbedingungen der Lehrerbildung

Durch die Phasierung der Lehrerbildung und der damit verbundenen Akzentuierung von zunächst theoretischen, dann praktischen Ausbildungsanteilen wird Professionalisierung als Prozess verstanden, welcher mit dem Erwerb von Wissen beginnt, das das weitere berufliche Handeln fundamental bestimmen und legitimieren kann bzw. soll. Die „Baumert-Kommission“ bekräftigt den Wert beider Ausbildungsabschnitte und eine damit verbundene differenzierte Gewichtung von Theorie und Praxis in den *Empfehlungen zur ersten Phase* (Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen, 2007, S. 6, 14).

Einem soziologischen Ansatz folgend lassen sich mit Blick auf die berufsbiografische Entwicklung angehender Lehrkräfte drei, aufeinander aufbauende Wissensformen den Phasen der Lehrerbildung zuordnen (Radtko & Webers, 1998): Während in der universitären Phase *Reflexionswissen* als wissenschaftliche Basis für die spätere Tätigkeit erworben wird, zeichnet sich das Referendariat durch die Ausbildung von *Entscheidungswissen* aus. Durch (langjährige) Tätigkeit im Berufsfeld geht dieses Entscheidungswissen in *Routinen* über. Im Fokus der Studie steht die Charakterisierung von Reflexionswissen in Hinblick auf die chemiedidaktische Ausbildung. Es befähigt Absolventinnen und Absolventen zur wissenschaftlich begründeten Reflexion von Unterrichtssituationen und kann ohne umfangreiche eigene Lehrerfahrungen erworben werden.

Die Systematisierung und Beschreibung konstituierender Elemente chemiedidaktischen Reflexionswissens erfolgt vor dem Hintergrund verbindlicher inhaltlicher Anforderungen für die Lehrerbildung (KMK, 2008, S. 20-21) sowie einer Konzeptualisierung fachdidaktischen Wissens nach Schmelzing, Wüsten, Sandmann & Neuhaus (2008).

Interviewstudie

In ca. sechzig-minütigen leitfadengestützten, offenen Interviews werden ProfessorInnen der Chemiedidaktik und FachseminarleiterInnen (jeweils $n = 8$) zum Konstrukt *chemiedidaktisches Wissen vor dem Hintergrund universitärer Ausbildung* befragt und gebeten, ihre Interpretation mit konkreten Beispielen zu erläutern sowie reale und ideale Ausbildungsverläufe von Absolventinnen und Absolventen zu skizzieren.

Die inhaltsanalytische Auswertung erfolgt in Anlehnung an Spencer, Ritchie und O'Connor (2003). Zentrale Analyseschritte sind (1) das Erstellen eines Kategoriensystems, (2) die Kategorisierung jedes Einzelfalls, und (3) die Betrachtung einzelner Kategorien über alle Fälle hinweg. Die fallübergreifende Analyse mündet schließlich in der Ableitung und Konkretisierung der relevanten Elemente für die chemiedidaktische universitäre Ausbildung (4).

Entwicklung des Kategoriensystems und erste Ergebnisse

Grundlage für das Kategoriensystems stellen die Inhaltsfacetten fachdidaktischen Wissens (s.o.) dar. Dieser Bereich der professionellen Kompetenz von Lehrkräften umfasst nach Schmelzing et al. Wissen über: (a) den Lehrplan und das Curriculum, (b) Lernziele des Faches, (c) Schülervorstellungen und typische Schülerfehler, (d) die Lerngruppe, (e) Illustrationen, Repräsentationen und Analogien, (f) fachbezogene Diagnostik, Leistungsmessung und Lehrevaluation und (g) fachspezifische Instruktion und Vermittlungsstrategien.

Wesentliche Erweiterungen des Kategoriensystems ergeben sich zum Einen durch Differenzierungen dieser allgemein gehaltenen Facetten. Der Facette *Wissen über den Lehrplan und das Curriculum* werden z.B. die Subfacetten *Wissen über Bildungsstandards im Fach Chemie* und *Wissen über die Auswahl von Inhalten* hinzugefügt. Die Facette *Wissen über fachspezifische Instruktion und Vermittlungsstrategien* wird näher durch die Subfacetten *Konzeptionen, Methoden, Experiment* und *Unterrichtssituation* beschrieben.

Zudem wird das Kategoriensystem durch ergänzende Kategorien erweitert, die die inhaltliche Gestaltung universitärer Lehrveranstaltungen und der Fachseminare betreffen und Kenntnisse wie auch Entwicklungspotenziale von AbsolventInnen in den Blick nehmen.

Eine weitere Kategorie ist *Wissen über fachdidaktische Forschung*, ein Aspekt, der in der oben dargestellten Charakterisierung fachdidaktischen Wissens nicht explizit genannt wird. Dass ausbildungsspezifisches fachdidaktisches Wissen diese Facette jedoch mit einschließt, wird zum einen aus den KMK-Vorgaben ersichtlich (Fachdidaktische Forschung und Positionen ist ein verbindlicher Inhaltsbereich, S. 21), zum anderen wird dieser Punkt von den Interviewten als essentiell für die universitäre Lehrerbildung betrachtet. Die Experten betrachten Wissen über chemiedidaktische Forschung als Schlüsselaspekt für den Professionalisierungsprozess. Als Ergebnis der fallübergreifenden Analyse aller Expertenäußerungen kann für diese Facette folgendes Anforderungsprofil abgeleitet werden:

Wissen über chemiedidaktische Forschung

Absolventinnen und Absolventen sollen:

- **zentrale Bereiche fachdidaktischer Forschung benennen können**
- **exemplarisch Ergebnisse fachdidaktischer Forschung rezipieren können**
- **eine Gewichtung in Hinblick auf die Relevanz für die Berufspraxis vornehmen können**
- **relevante Forschungserkenntnisse als eine Quelle für die Planung und Optimierung von Lehr-Lernprozessen wahrnehmen**
- **sich in Hinblick auf die eigene Professionalisierung um die Bedeutung praxisorientierter fachdidaktischer Forschung bewusst sein**

Erläuterungen:

Die Fachdidaktik kann als Berufswissenschaft von Lehrkräften betrachtet werden. Im Studium muss ein Überblick über die Disziplin vermittelt werden. Welche zentralen Forschungsgebiete gibt es, welche Erkenntnisinteressen verfolgt chemiedidaktische Forschung, welche Bezugsdisziplinen werden herangezogen? Um Studien verstehen und die Erkenntnisse bewerten zu können, sind basale Methodenkenntnisse ebenfalls im Studium zu vermitteln.

Dieses Überblickswissen ermöglicht den Absolventinnen und Absolventen praxisorientierte Gebiete chemiedidaktischer Forschung von Forschungsfeldern ohne unmittelbaren Bezug zum eigenen Berufsfeld abzugrenzen. Berufsfeldrelevante Forschungsbereiche sind all diejenigen, die die inhaltlichen Facetten fachdidaktischen Wissen berühren. In diesen Bereichen sollten Absolventinnen und Absolventen exemplarisch Ergebnisse benennen können. Zum Umgang mit Schülervorstellungen und typischen Schülerfehlern sollen sie bspw. in der Lage sein, klassische Schülervorstellungen in einem Inhaltsbereich zu nennen. Absolventinnen und Absolventen sollten

Professionalisierung als andauernden Prozess verstehen und daher auf der Basis aktueller Erkenntnisse den eigenen Unterricht stetig hinterfragen.

Eine weitere Facette – *Wissen über den Lehrplan und das Curriculum* – wird im Folgenden für die chemiedidaktische universitäre Lehrerbildung skizziert:

<i>Wissen über den Lehrplan und das Curriculum</i>	
Absolventinnen und Absolventen sollen:	Erläuterungen:
<ul style="list-style-type: none"> - Aufbau, Inhalte und Ziele der verschiedenen curricularen Vorgaben kennenlernen - die vertikale Verknüpfung zentraler Konzepte und Modelle (Säure-Base-Definition, Verbrennungsbegriff bzw. Redoxreaktionen, Atommodelle, Stöchiometrie) im Chemieunterricht über die Jahrgangsstufen hinweg skizzieren können - den spiralcurricularen Verlauf der Konzepte als chemiespezifische Besonderheit wahrnehmen und Konsequenzen beim Unterrichten chemischer Inhalte reflektieren können 	<p>Der Chemieunterricht muss auf der Grundlage von Lehrplänen, Kerncurricula, schulinternen Curricula und Nationalen Bildungsstandards erfolgen. Das Kennenlernen der Vorgaben umfasst Kenntnisse über die Inhalte, die (hierarchische) Beziehung der verschiedenen Vorgaben, ihre unterschiedlichen Zielsetzungen. Damit verknüpft ist die Frage nach Möglichkeiten der Umsetzung der Vorgaben im Unterricht. Darüber hinaus kann auf der Grundlage der Vorgaben die Progression chemischer Konzepte nachvollzogen werden. Ein Überblickswissen von der Entwicklung des Fachwissens über die Jahrgangsstufen stellt eine notwendige Qualifikation für die Unterrichtsplanung in der praktischen Ausbildungsphase dar.</p>

Ausblick

Auf der Grundlage weiterer Datenauswertungen werden für alle Facetten Anforderungsprofile erstellt, wodurch zusammenfassend chemiedidaktisches Reflexionswissen beschrieben werden kann. Neben einem Expertenrating in Hinblick auf Akzeptanz und Relevanz der Anforderungsprofile sowie ihrer Umsetzbarkeit in der universitären Lehrerbildung steht eine detaillierte Analyse der Schnittmengen einzelner Facetten aus. Insbesondere dies wird Hinweise für die Verbesserung universitärer Lehrveranstaltungen liefern können. Die Facetten sind interdependent, bspw. können sich aus der Verwendung von Modellen chemiespezifische Lernschwierigkeiten ergeben. Bei der Gestaltung von Lehrveranstaltungen sollte dies berücksichtigt, die Vernetzung verschiedener Facetten als ein Qualitätsmerkmal chemiedidaktischer Lehre wahrgenommen werden.

Literatur

- KMK: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16. Oktober 2008). Bonn
- Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2007). *Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern in Nordrhein-Westfalen. Empfehlungen der Expertenkommission zur Ersten Phase*. Düsseldorf
- Radtke, F.-O. & Webers, H.-E. (1998). *Schulpraktische Studien und Zentren für Lehramtsausbildung. Eine Lösung sucht ihr Problem. Die Deutsche Schule*, 90, 199-216
- Schmelzing, S., Wüsten, S., Sandmann, A. & Neuhaus, B. (2008). *Evaluation von zentralen Inhalten der Lehrerbildung: Ansätze zur Diagnostik des fachdidaktischen Wissens von Biologielehrkräften. Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 1 (2), 641-663
- Spencer, L., Ritchie, J. & O'Connor, W. (2003). *Analysis, Practices, Principles and Processes*. In J. Ritchie & J. Lewis (Eds.). *Qualitative Research Practice. A Guide for Social Scientists and Researchers*. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC: Sage

Inquiry Learning – ein Konzept für die universitäre Lehrerbildung

Hintergrund

Ziel vieler Unterrichtskonzepte ist die Förderung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (Minner, Levy & Century, 2010). Ein solcher Unterricht, der wissenschaftliche Erkenntnisprozesse durch das eigenständige Formulieren von Fragestellungen und Hypothesen, die Planung und Durchführung von Untersuchungen sowie deren Auswertung und Reflexion ins Zentrum rückt, bedarf jedoch entsprechend geschulter Lehrer/-innen (Parchmann & Köller, 2012). In diesem Beitrag wird vor diesem Hintergrund ein Konzept für die Lehrerbildung sowie dessen qualitative Evaluation vorgestellt.

Theoretischer Rahmen

Zentrale Konstrukte des Promotionsprojektes sind das der „Inquiry“ und das der „Offenheit“. Beide werden in der Literatur vielschichtig benutzt.

In Deutschland stehen derzeit Inhalte, Kompetenzen und Wege naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung ebenso wie die Vermittlung eines adäquaten Verständnisses von Wissenschaft und ihren Denk- und Arbeitsweisen im Zentrum naturwissenschaftlicher Bildung und naturwissenschaftsdidaktischer Forschung. International werden darauf ausgerichtete Lehrprinzipien unter dem Begriff der Inquiry-Based Science Education (IBSE) zusammengefasst (Europäische Kommission, 2007). Dabei können drei Aspekte unterschieden werden (Anderson, 2002), welche jeweils unterschiedliche, aber durchaus miteinander in Bezug stehende Aktivitäten fokussieren (Minner, Levy & Century, 2010):

- *Scientific Inquiry* beschreibt Vorgehensweisen und Reflexionsprozessen von Naturwissenschaftlern unabhängig von (fach-)didaktischen Sichtweisen.
- *Inquiry Learning* entspricht dem aktiven Prozess der Entwicklung eines Verständnisses von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung durch den Lernenden, entweder über Widerspiegeln der Arbeit von Naturwissenschaftlern (Learning about Inquiry) oder über eigenständige Untersuchungen (Learning through Inquiry).
- *Inquiry Teaching* umfasst Instruktionsansätze und -modelle zur Umsetzung und Integration Inquiry Learnings in den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Das Konstrukt der Offenheit ist ebenfalls ein viel diskutiertes (u.a. Jürgens, 2004). Nach Peschel (2002) gestattet *offener Unterricht* dem Schüler, „sich unter der Freigabe von Raum, Zeit und Sozialform Wissen und Können innerhalb eines ‚offenen Lehrplans‘ an selbst gewählten Inhalten auf methodisch individuellem Weg anzueignen“ (Peschel, 2002, S. 78). Peschel unterscheidet fünf Dimensionen der Offenheit von Unterricht (1. organisatorisch, 2. methodisch, 3. inhaltlich, 4. sozial und 5. persönlich).

Buck, Bretz & Towns (2008) beschreiben zudem verschiedene Grade der *Offenheit von Laboraktivitäten*, welche durch abnehmende Anleitung durch den Lehrer/-in und zunehmende Selbststeuerung des Lernenden charakterisiert sind. Sie unterscheiden u.a. gelenkte und offene Experimentiersituationen. Während in der gelenkten Lernumgebung Fragestellung, Hintergrund sowie Methoden zur Untersuchung vom Lehrer/-in vorgegeben sind, treffen die Lernenden beim offenen Experimentieren auch methodische Entscheidungen zur Beantwortung der Forschungsfragen selbstständig. Die empirische Befundlage zur Wirksamkeit offener und gelenkter Lernumgebungen ist nicht eindeutig (u.a. Anderson, 2002; Buck, Bretz & Towns, 2008).

Ziele und Fragestellungen

Vor diesem Hintergrund macht die Studie das Konzept *Inquiry* sowohl zum Inhalt als auch zur Methode eines Moduls der Lehrerbildung und vergleicht die Wirksamkeit einer *offenen* und einer *gelenkten* Lernumgebung. Die Wirksamkeit der Lernumgebungen wird im Hinblick auf zwei Ebenen operationalisiert. In Anlehnung an Lipowsky (2004) werden auf einer ersten Ebene Akzeptanz, Einschätzungen und Einstellungen erhoben und der Frage nachgegangen, welche Erwartungen Studierende an das Modul formulieren und wie sie subjektiv den eigenen Lernerfolg, ihr Interesse und ihre Motivation einschätzen. Auf einer zweiten Ebene werden Lernzuwachs und Veränderungen im Wissen untersucht und die Frage beantwortet, inwiefern sich das Verständnis von Scientific Inquiry und die experimentellen Fähigkeiten der Studierenden in Abhängigkeit von der erhaltenen Intervention entwickeln.

Modul „Inquiry in der Lehrerbildung“ – offene und gelenkte Lernumgebungen

Dazu wird ein Modul für den Master of Education, bestehend aus einem Laborkurs und begleitender Fachvorlesung, entwickelt. Im Rahmen des 4 SWS umfassenden Laborkurses werden erkenntnisorientierte Aktivitäten in einer *offenen* und einer *gelenkten* Lernumgebung umgesetzt. Dabei werden alle Dimensionen der Offenheit mit Ausnahme der methodischen in beiden Gruppen konstant gehalten. So behandeln beide Gruppen die in Abb. 1 dargestellten Inhaltsbereiche:

Nature of Scientific Inquiry	Fachwissen & Wissen über chemiespezifische Arbeitsweisen
<p>(1) <i>Begriffsverständnis</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Phänomen, Fragestellung & Hypothese, - Beobachtung, Vergleich & Ordnung - Experiment & Variablenkontrolle - Modell - Theorie & Gesetz <p>(2) <i>Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Aspekte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Naturwissenschaftliche Methodologie und Forschungslogik, u.a. Induktion & Deduktion 	<p>(1) <i>Fachwissen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fakten & Konventionen - Chemische Konzepte, Prinzipien & Gesetze - Chemiespezifische Verfahren & Techniken - Chemische Fachsprache <p>(2) <i>Praktische Laborarbeit</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Sicherheitsaspekte - Manuelle Fähigkeiten & Fertigkeiten (z.B. Umgang mit Geräten)
<p style="text-align: center;">Doing Scientific Inquiry</p> <p>(1) <i>Phänomene beobachten, beschreiben und messen</i></p> <p>(2) <i>Problemstellungen erkennen und eigene Lösungswege entwickeln</i></p> <p>(3) <i>Untersuchungen und Experimente planen</i></p> <p>(4) <i>Daten interpretieren, Generalisierungen formulieren und (un-)erwartete Ergebnisse erklären</i></p> <p>(5) <i>Bilden, Testen und Ändern theoretischer Modelle & Deduktion neuer Hypothesen</i></p>	

Abb. 1.: Inhaltliche Struktur des Moduls
(u.a. Klopfer (1971), Grygier, Günther, & Kircher (2004), Mayer (2007))

Methodisch unterscheidet sich die Vorgehensweise beider Gruppen. Während in der *gelenkten* Gruppe nach der Zielklärung stets ein lehrergelenkter Einführungsvortrag folgt und anschließend in gemeinsame Diskussionen und angeleitetes Üben übergegangen wird, erarbeitet sich die *offene* Lernumgebung Inhalte über die eigenständige Bearbeitung von Pflicht und Wahlmodulen. Die praktische Laborarbeit ist in der *gelenkten* Lernumgebung stärker angeleitet, indem Fragestellung, Hintergrund und Methode der Untersuchung stets vorgegeben sind. In der *offenen* Lernumgebung hingegen erarbeiten die Studierenden basierend auf einer vorgegebenen Fragestellung eigenständige Untersuchungsdesigns und -abläufe.

Methoden und Instrumente

Die Reaktionen der Studierenden (eingeschätzter Lernerfolg, Motivation und Interesse) werden mithilfe eines Paper-Pencil-Tests im Vor- und Nachtest zu jeder Modulsitzung

erhoben. Zudem werden die kognitiven Grundfähigkeiten der Studierenden kontrolliert (KFT 4-12+ R, Heller & Perleth, 2000). Zur Erhebung des Lernzuwachses im Bereich des Verständnisses von Scientific Inquiry werden zu Semesterbeginn und -ende teilstandardisierte Einzelinterviews durchgeführt. Die Auswertung der transkribierten Interviews erfolgt mithilfe einer strukturierenden Inhaltsanalyse (Mayring, 2010). Die experimentellen Fähigkeiten werden in einer videodokumentierten und bei „Lautem Denken“ eigenständig durchzuführenden Experimentieraufgabe untersucht.

Erste Ergebnisse und Ausblick

Im Rahmen einer Vorstudie im Sommersemester 2012 wurden die Vorstellungen über Scientific Inquiry von 10 Studierenden erhoben. Erste qualitative Ergebnisse beziehen sich auf methodische und inhaltliche Bereiche:

1) *Methodisch*: Das deduktiv entwickelte dreistufige Manual mit 1. naiv-realistischem, 2. reflektiert- und 3. elaboriert-konstruktivistischem Begriffs- und Wissenschaftsverständnis im Bereich Scientific Inquiry wurde evaluiert und verbessert.

2) *Inhaltlich*: Insgesamt erreichte im Vortest kein Studierender und im Nachtest nur knapp ein Drittel der Studierenden ein überwiegend elaboriert-konstruktivistisches Wissenschafts- und Begriffsverständnis (Stufe 3). Kein Studierender wies jedoch ein schlechteres Nachtest- als Vortestergebnis auf. Studierende mit einem Vortestergebnis auf unterster Stufe zeigten ein um mindestens eine Stufe verbessertes Nachtest-Verständnis. Während bei drei Studierenden auf mittlerer Niveaustufe keine Niveauveränderung gefunden werden konnte, erreichten drei weitere Studierende im Nachtestergebnis das höchste Niveau.

Im weiteren Projektverlauf folgt nun die Hauptstudie, in der auch Aussagen über den Lernerfolg der Studierenden in Bezug auf die erhaltene Intervention (gelenkt bzw. offen) getroffen werden können.

Literatur

- Anderson, R. (2002). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 13, 1-12
- Buck, L.B., S. L. Bretz & M. H. Towns (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38 (1), 52-58
- Europäische Kommission (2007). *Science education now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brüssel
- Grygier, P., Günther, J. & Kircher, E (2004). *Über Naturwissenschaften lernen – Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren
- Heller K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen, Revision (KFT 4-12+R)*. Göttingen: Hogrefe
- Jürgens, E. (1994). *Erprobte Wochenplan- und Freiarbeits-Ideen in der Sekundarstufe I*. Heinsberg: Agentur Dieck
- Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of learning in science. In B.S. Bloom, J.T. Hastings & G.F. Madaus (Hrsg.), *Handbook of formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill, 559-641
- Lipowsky, F. (2004). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? Befunde der Forschung und mögliche Konsequenzen für die Praxis. *Die deutsche Schule*, 96, 462-479
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin: Springer, 177-186
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim, Basel: Beltz
- Minner, D., Levy, A. J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (4), 474-496
- Parchmann, I. & Köller, O. (2012). Eine gute Lehrerbildung ist unverzichtbar – aber was ist eine gute? *CHEMKON*, 19 (2), 57
- Peschel, F. (2002). *Offener Unterricht: Idee – Realität – Perspektive und ein praxiserprobtes Konzept zur Diskussion*. Hohengehren: Schneider

Bringt der Kontext wirklich was? (Erste) Ergebnisse einer Interventionsstudie

Empirische Befunde und Interventionen

In den letzten Jahrzehnten wurde das geringe und weiter abfallende (Sach-)Interesse von Mädchen und Jungen an Physik wiederholt dokumentiert (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Baumert et al., 1997). Auffällig bei diesen Befunden war vor allem, dass es deutliche Unterschiede zwischen den Interessen von Mädchen und Jungen gibt. Außerdem wurde festgestellt, dass für Mädchen interessante Kontexte auch fast immer die Jungen interessieren, umgekehrt ist dies aber nicht der Fall. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde eine Reihe von Interventionsmaßnahmen durchgeführt, die vor allem die Förderung der Leistungen und Interessen der Mädchen im Physikunterricht zum Ziel hatten. Beispiele hierfür sind der BLK-Modellversuch (Häußler & Hoffmann, 1998) sowie die Schweizer Koedukationsstudie (Herzog, Neuenschwander, Violi, Labudde & Gerber, 1999). Haupt-Ergebnis dieser Studien war, dass eine Orientierung des Unterrichts ausschließlich an den Interessen der Mädchen nicht ausreicht, um eine nennenswerte, anhaltende Steigerung der Leistungen und der Interessen der Mädchen zu erreichen. Unklar bleibt dabei aber, ob die Interventionen zumindest auf der situationalen Ebene, also *im Prozess der Auseinandersetzung*, Wirkung entfalten (z.B. erkennbar an erhöhter time-on-task oder positiven Erlebensqualitäten). An dieser Stelle setzt das hier vorgestellte Vorhaben an, in dessen Rahmen insbesondere die Erlebensprozesse von Schüler/innen sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Geschlechtern untersucht werden.

Klasse mit Kontext	Klasse ohne Kontext	Kontroll-Klassen
September/Oktober 2011: Pre-Befragung (T1)		
Interesse, Fachwissen, Selbstkonzept, kognitive Fähigkeiten	Interesse, Fachwissen, Selbstkonzept, kognitive Fähigkeiten	Interesse, Fachwissen, Selbstkonzept
Oktober – Dezember 2011: Intervention		
Lerneinheit „mit Kontext“, Zwischenbefragungen	Lerneinheit „ohne Kontext“, Zwischenbefragungen	Keine Intervention
Dezember 2011: Post-Befragung (T2)		
Interesse, Fachwissen, Selbstkonzept	Interesse, Fachwissen, Selbstkonzept	Keine Befragung
Mai 2012: Delayed-Post-Befragung (T3)		
Interesse, Fachwissen, Selbstkonzept	Interesse, Fachwissen, Selbstkonzept	Interesse, Fachwissen, Selbstkonzept

Tab. 1: Aufbau der Studie

Das eigene Vorhaben

Der Aufbau der Studie ist in Tab. 1 dargestellt. Das übergeordnete Ziel ist die Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen einer durch Kontexteinbettung speziell für Mädchen interessanten Lerneinheit und den Erfahrungen, die die Schüler/innen *während* der Lerneinheit machen. Dazu wurden zwei Versionen einer Lerneinheit zum Thema Linsenoptik entwickelt, wobei eine Version in den lebensweltlichen Kontext „Auge & Brille“ eingebettet wurde und die andere nicht. In beiden Versionen wurden dabei aber die gleichen

fachlichen Inhalte behandelt und die gleichen Aufgaben bearbeitet (vgl. Abb. 1a für eine Kontextversion und Abb. 1b für eine Version ohne Kontext). Jede Version der Lerneinheit wurde in jeweils einer siebten Klasse unterrichtet. Dabei wurden in jeder Klasse jeweils vier Gruppen à drei Schüler/innen auf Video aufgezeichnet, um die Erfahrungen der Schüler/innen *während* der Auseinandersetzung mit dem Lernmaterial untersuchen zu können. Parallel zur Intervention wurden auch vier Kontroll-Klassen betrachtet, in denen keine Intervention durchgeführt wurde. Aufgrund der Anlage und der kleinen Fallzahlen hat die Studie explorativen Charakter und dient der Generierung von Hypothesen.

Ergänzend zu den Videoaufzeichnungen wurden in den Treatment-Klassen mit Hilfe eines Erlebensfragebogens in Anlehnung an die Experience-Sampling-Method (Hektner, Schmidt & Csikszentmihalyi, 2006) die Einschätzungen der Schüler/innen während der Bearbeitung des Lernmaterials mehrfach erhoben. Der Fragebogen zum Interesse lehnt sich an die IPN-Interessenstudie (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998) und an den Fragebogen zum Studieninteresse (Krapp, Schiefele, Wild & Winteler, 1993) an, Befragungen zum Selbstkonzept basieren u. a. auf Jerusalem & Satow (1999). Das Fachwissen zur Optik wurde mit einem selbst entwickelten Instrument erfasst.

Aufgabe 3:

Baut den Versuch im rechten Bild auf!
Stellt die LR-Box auf drei Lichtbündel ein (zweimal drücken) und beobachtet, was mit den Lichtbündeln passiert!
Wiederholt den Versuch dann mit den anderen Brillen!

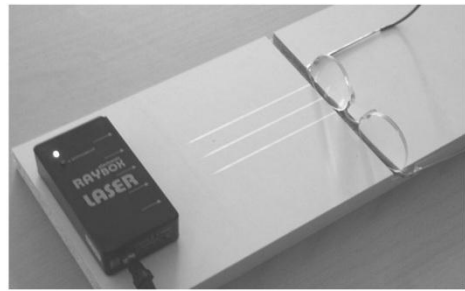


Abb. 1a: Arbeitsblatt mit Kontext

Aufgabe 3:

Baut den Versuch im rechten Bild auf!
Stellt die LR-Box auf drei Lichtbündel ein (zweimal drücken) und beobachtet, was mit den Lichtbündeln passiert!
Wiederholt den Versuch dann mit den anderen Gläsern!



Abb. 1b: Arbeitsblatt ohne Kontext

Ergebnisse der Fragebogen-Auswertung

Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse der Befragungen in den beiden Treatment-Klassen aufgeführt; aus Gründen der Platzbeschränkung wird auf die Darstellung der Befundlage zu den Kontrollklassen in diesem Beitrag verzichtet.

Es zeigen sich folgende Entwicklungen in den beiden Treatment-Klassen:

- Es gibt einen signifikanten Abfall der themenspezifischen Sachinteressen in beiden Klassen zwischen den Messzeitpunkten T1 und T2, der aber in der Klasse mit Kontext-

Einbettung weniger stark ausgeprägt ist. Dadurch entsteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Klassen zu den Messzeitpunkten T2 und T3 zugunsten der Klasse mit Kontext-Einbettung, der zum Messzeitpunkt T1 noch nicht beobachtet werden konnte.

- Bei der Entwicklung des allgemeinen physikalischen Sachinteresses und des physikbezogenen Selbstkonzepts gibt es keine signifikanten Veränderungen zwischen den einzelnen Messzeitpunkten. Es tritt aber in beiden Fällen ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Klassen zum Messzeitpunkt T2 zugunsten der Klasse mit Kontext-Einbettung auf, der zum Messzeitpunkt T1 noch nicht beobachtet werden konnte und bis zum Messzeitpunkt T3 bestehen bleibt.
- In beiden Klassen gibt es einen signifikanten Anstieg der Leistungen im fachlichen Test von Messzeitpunkt T1 nach Messzeitpunkt T2 (bei immer noch mäßiger Gesamtleistung). Auch zwischen den Messzeitpunkten T2 und T3 gibt es in beiden Klassen einen signifikanten Leistungszuwachs, der u. U. durch den nachfolgenden (nicht kontrollierten) Unterricht verursacht wurde.

Vergleicht man weiterhin die Mädchen und Jungen in den beiden Treatment-Klassen, so ergeben sich folgende Entwicklungen:

- Es gibt einen signifikanten Abfall der themenspezifischen Sachinteressen bei beiden Geschlechtern, der aber bei den Jungen weniger stark ausgeprägt ist. Es gibt aber keinen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern zu allen drei Messzeitpunkten.
- Die Leistungen im fachlichen Test steigen bei beiden Geschlechtern zwischen den Messzeitpunkten T1 und T2 signifikant an, wobei der signifikante Unterschied zwischen den Geschlechtern (zugunsten der Jungen) bestehen bleibt.
- Auch zwischen T2 und T3 gibt es bei beiden Geschlechtern einen signifikanten Leistungszuwachs, wobei hierbei der signifikante Unterschied zwischen ihnen verschwindet.

Erste Ergebnisse der Video-Auswertung

Nach Auswertung der ersten Video-Daten lassen sich bereits erste Tendenzen erkennen, die aber noch weiter verifiziert werden müssen. Es zeigt sich, dass...

- ...Jungen generell mehr experimentieren als Mädchen, unabhängig vom Kontext.
- ...die Kontext-Einbettung zu längerer Auseinandersetzung mit dem Lernmaterial anregt (es wird mehr gelesen und aufgeschrieben).
- ...die Kontext-Einbettung für weniger Off-Task-Aktivitäten sorgt und dass die Jungen generell häufiger Off-Task sind als die Mädchen.
- ...negative Erlebensäußerungen hauptsächlich im Zusammenhang mit dem Gruppen-Arbeitsprozess, nicht aber im Zusammenhang mit dem Lernmaterial geäußert werden.

Literatur

- Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Schmitz, B., Clausen, M., Hosenfeld, I., et al. (1997). TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske + Budrich
- Häußler, P., & Hoffmann, L. (1998). Chancengleichheit für Mädchen im Physikunterricht - Ergebnisse eines erweiterten BLK-Modellversuchs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4 (1), 51-67
- Hektner, J. M., Schmidt, J. A., & Csikszentmihalyi, M. (2006). *Experience Sampling Method: Measuring the quality of everyday life*. Thousand Oaks, California: Sage Publications
- Herzog, W., Neuenschwander, M. P., Violi, E., Labudde, P., & Gerber, C. (1999). Mädchen und Jungen im koedukativen Physikunterricht. *Bildungsforschung und Bildungspraxis / Education et recherche / Educazione e ricerca*, 21 (1), 99-124
- Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.
- Jerusalem, M., & Satow, L. (1999). Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung. In R. Schwarzer & M. Jerusalem (Hrsg.), *Skalen zur Erfassung von Lehrer und Schülermerkmalen*. Berlin: Freie Universität Berlin, 15-16
- Krapp, A., Schiefele, U., Wild, K. P., & Winteler, A. (1993). Der Fragebogen zum Studieninteresse (FSI). *Diagnostika*, 39 (4), 335-351

Chemie ist keine Hexerei – Untersuchungen zur Wahrnehmung von Kindern bei Schauvorlesungen

Mit Michael Faraday und nicht zuletzt durch seine Begeisterung hat das Zurschaustellen chemischer Effektkunst begonnen, populär zu werden (Kreißl & Krätz, 2008; Roesky & Möckel, 1996). Wunderversuche und nicht alltägliche, chemische Phänomene begeistern seither Laien wie Fachleute, zum Teil in den gleichen Veranstaltungen. Zunehmend werden solche Schauvorlesungen auch von Schülern selbst dargeboten (Lucas & Scheuer, 2007) und die kontextuellen Rahmenhandlungen erfahren eine nie gekannte Vielfalt (z.B. Czieslik, 2008; Schwedt, 2004; Schießl, 2006; u.v.a.).

Forschungsfragen

Wie ein Laienpublikum solche Experimentalvorlesungen wahrnimmt, ist bisher wenig untersucht worden und über die Art und Weise, in der Motivations- oder Distanzsteigerungen zum Fach Chemie auftreten, existieren widersprüchliche Auffassungen (Beeken, 2010, S. S. 23; Schießl et al., 2007). Daher wurde in dieser Arbeit explorativ der Frage nachgegangen, wie Kinder im Grundschulalter eine solche Veranstaltung wahrnehmen. Das dargebotene Fachwissen war dabei als Lernangebot zu verstehen und verfolgte keine expliziten Lehrziele.

Design der Schauvorlesung, Veranstaltungsrahmen und Erhebungsmethode

Im Kinderprogramm einer langen Nacht der Wissenschaften (LNdW) sowie an einem Projekttag in einer Grundschule (GS) wurde in vier bzw. drei Durchgängen die Schauvorlesung „Chemie ist keine Hexerei“ zu je 45 Minuten dargeboten. Dabei diente ein Dialog zwischen Hexe und Chemiker als Roter Faden, an dem entlang elf klassische Schauversuche präsentiert wurden:

- Zink- und Messingüberzug auf einer Kupfermünze
- Aussalzen eines Alkohol/Wasser-Gemisches, angefärbt mit Kupfersulfat
- Auskristallisieren einer übersättigten Natriumacetat-Lösung (heißer Schnee)
- Reaktion von Wasserstoffperoxid mit Kaliumpermanganat (Flaschengeist)
- Zersetzung von Wasserstoffperoxid in Spülmittel (Elefantenzahnpasta)
- Auflösen von Styropor in Aceton/Ethylacetat
- Entzünden von Wasserstoffschaum
- Gasentwicklung aus Backpulver (Kaktus im grünen Kondom)
- Reaktion von Indigocarmin mit Glucose (chemische Ampel)
- Landoldtsche Zeitreaktion in 3 Gefäßen
- Briggs-Rauscher, oszillierende Ioduhr

Als Grundmuster des Dialogs erklärte der Chemiker die Zaubertricks der Hexe unter Zuhilfenahme von Animationen auf der Teilchenebene oder durch Wiederholung des Versuches mit einem veränderten Aufbau, der eine bessere Beobachtung möglich machte. Die Befragung der zuschauenden Kinder erfolgte mit einem Fragebogen, der als „Hexenexamen“ in die Veranstaltung eingebettet war und erfasste neben Alter, Klasse und Geschlecht drei Aussagen der Kinder zu ihrer Wahrnehmung über die Vorlesung, die wie folgt erfragt wurden: *„Schreibe die drei wichtigsten Dinge auf, die Du bei der Schauvorlesung heute gelernt hast! Tausche dieses Blatt danach gegen dein „Hexen-Diplom!“*

Auswertung

Die erhaltenen Aussagen wurden nach ihrem Bezug kategorisiert, wobei für wenige nicht-eindeutige Aussagen eine Hierarchie wie folgt festgelegt werden musste, um ausschließliche Zuordnungen zu treffen:

- Sicherheit (z.B.: „Nie alleine nachmachen“, „Haare zusammen“, „Kittel“)
- Teilchen & Formeln („Man muss sehr viel vergrößern.“, „Chemie = Atome + Moleküle“)
- Stoff („Flüssigkeiten können die Farbe wechseln.“, „Feuer und Silber ist Gold.“)
- Experiment („Explosion“, „Man kann einen Kaktus wachsen lassen.“)
- Geduld („[...]in der Chemie oft etwas länger warten muss[...]“, „Man braucht Geduld“)
- Veranstaltung („Chemie ist keine Hexerei“, „Die Hexe hat falsch gedacht“)

War eine Aussage mehrdeutig, so wurde geprüft, ob ein Bezug zu Sicherheitsrelevanten Themen festgestellt werden konnte; konnte sie dort nicht eingeordnet werden, wurde auf einen Bezug zu „Teilchen & Formeln“ geprüft usw. sodass eine Aussage mit dem weitesten gefassten Bezug in der Kategorie „Veranstaltung“ aufgenommen wurde.

Bereits auf der Ebene der Aussagen konnten erste Erkenntnisse abgeleitet werden. Falsche Aussagen traten sehr selten auf, der Informationsgehalt war mitunter sehr gering. Einige Tendenzen in Abhängigkeit vom Alter der Kinder und vom Veranstaltungsrahmen waren festzustellen, wie etwa häufigere Bezugnahme auf die gesamte Veranstaltung bei höherem Alter, dafür seltenere Referenz auf ein konkretes Experiment wie bei den jüngeren Kindern. Die Kategorie „Teilchen & Formeln“ trat in beiden Veranstaltungen selten auf. Bezugnahmen auf einen chemischen Stoff waren bei der LNdW häufiger als in der GS-Veranstaltung. Je Älter die Zuschauer waren, desto häufiger nannten sie Aspekte zur Sicherheit im Umgang mit Chemie; dies wurde in einer weiteren Schauvorlesung mit anderen Experimenten ebenfalls beobachtet.

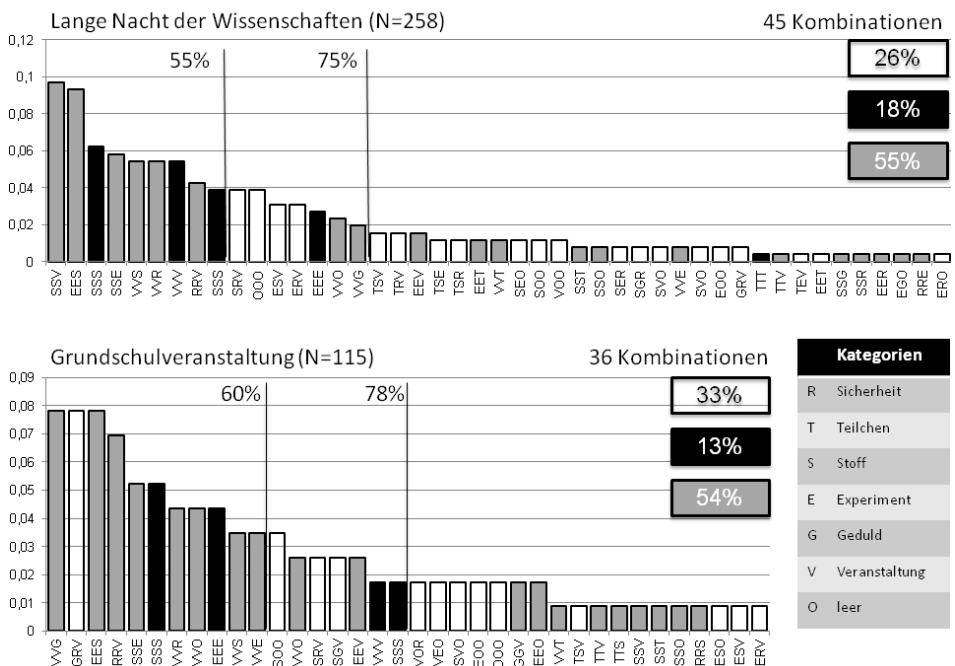


Abb. 1: Relative Häufigkeit von Aussage-Kombinationen in beiden Veranstaltungen, weiße Balken: 3 verschiedene Aussagen, schwarze Balken: 3 gleiche Aussagen

Im nächsten Auswertungsschritt wurden die Kategorien der drei Aussagen eines Zuschauers den Individuen wieder zugeordnet und die relative Anzahl der auftretenden Kombinationen anteilig nach der Häufigkeit aufgetragen (s. Abb.1).

Mit Leer-Aussagen sind drei Mal alle sieben Referenzierungsmöglichkeiten ohne Berücksichtigung der Reihenfolge möglich, woraus sich 120 mögliche Kombinationen von Aussagebezügen ergeben. Von allen möglichen Kombinationen der Bezugnahme traten bei 258 Zuschauern (LNdW) nur ca. ein Drittel aller 120 Möglichkeiten auf, bei 115 Zuschauern (GS) etwas mehr als ein Viertel. Kombinationen, die aus zwei (54-55%, graue Balken) oder drei (13-18%, schwarze Balken) gleichen Kategorien bestehen, traten häufiger auf als solche, die aus drei verschiedenen Kategorien bestehen (26-33%, weiße Balken) und erfüllten mit 9-11 Kategorienkombinationen über die Hälfte der Gesamtanzahl.

Fazit und Ausblick

Die überwiegende Präferenz für gleiche Kategorien deutet darauf hin, dass es bei den Zuschauern verschiedene Wahrnehmungsmodi gibt, die dafür verantwortlich sind, welche der dargebotenen Lerninhalte für wichtig empfunden werden, wobei über die Lerneffektivität mit diesem Design keine Aussagen getroffen werden können. Durch eine genauere Identifizierung dieser Wahrnehmungsmodi sowie möglicher determinierender Parameter und Einflussmöglichkeiten darauf ergeben sich Konsequenzen für die Darbietung von Experimenten und somit auch für die Strukturierung experimentellen Chemieunterrichtes.

Da bisher nur eine von vielen möglichen Konzeptionen einer Schauvorlesung mit dem geschilderten Forschungsdesign untersucht wurde, ist es notwendig, weitere Veranstaltungen mit veränderten Parametern zu untersuchen (z.B. veränderte Auswahl der Experimente, roter Faden des Kontextes, Tiefe der Erklärungen, Alter und Herkunft des Publikums, etc.) um Erkenntnisse über die Zusammenhänge von Wahrnehmungsmodi, Sachstruktur und Darbietungsformen zu erlangen.

Literatur

- Beeken, M. (2010). Innovative Anwendungsmöglichkeiten naturwissenschaftlicher Experimente: Entwicklung, Konzeption und Evaluation von (Schau-)Experimenten im und über den Chemieunterricht hinaus. Lübeck: Der andere Verlag
- Czieslik, W. (2008). Verkaterte Weihnachten -Ein Chemiemärchen für große und kleine Leute. CHEMKON, 4 (15), 187-189
- Kreißl, F. & Krätz, O. (2008). Feuer und Flamme, Schall und Rauch Schauexperimente und Chemiehistorisches. Weinheim: Wiley VCH
- Lucas, H. & Scheuer, R. (2007). Hokus Pokus Zauberei - Wissenschaft ist stets dabei!: eine faszinierende Experimentalshow für die Schule. Köln: Aulis-Verlag Deubner
- Roesky, H.W. & Möckel, K. (1996). Chemische Kabinettstücke : spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate. Weinheim: Wiley VCH
- Schießl, W. et. al. (2006). Zaubervorlesung mit Salvador Dalí: Chemie-Edutainment. Chemie in unserer Zeit, 40 (3), 184-193
- Schießl, W.; Pfeifer, P. & v. Eldik, R. (2007). Chemie-Edutainment auf dem Prüfstand: Evaluierung der „Zaubervorlesung mit Salvador Dalí“. CHEMKON, 14 (2),
- Schwedt, G. (2004) Ruff! - damit in's Ofenloch!: alltägliche Chemie bei Wilhelm Busch.

Aufgabenformate und Kontextorientierung beim Physiklernen mit Sensoren

Der Unterrichtsansatz „Physiklernen mit Sensoren“ verfolgt das Ziel, den Aufbau trägen Wissens zu vermeiden. Um Lernprozesse erfolgreich zu gestalten, werden unter anderem auf zwei Grundgedanken aus der Lernpsychologie zurückgegriffen. Erstens sind die Lernprozesse in authentische Kontexte aus der Sensorik eingebunden. Die realistische Anwendung der Sensoren in diesen Kontexten dient als Lernanker. Zweitens sind Lerninhalte in der Phase der Wissensvermittlung und in der anschließenden Übungsphase multicodal dargestellt. Ein Ergebnis der Interventionsstudie war, dass ein signifikanter Einfluss des Codierformats von Übungsaufgaben auf den Erwerb deklarativen Wissens und auf die Transferleistung zum Aufbau und zur Funktionsweise ähnlicher Sensoren nachgewiesen werden konnte. Allerdings schnitten nicht die Probanden, die multicodal präsentierte Übungsaufgaben (d.h. Aufgaben mit Text-Bild-Kombinationen) zu lösen hatten, besser ab, sondern diejenigen, die mit bildhaft (monocodal) präsentierten Übungsaufgaben lernten. Außerdem konnte gezeigt werden, dass sich die Anbindung von Lernprozessen an einen Lernanker positiv auf die aktuellen Motivation und die Transferleistung zur Anwendung des Sensors in anderen Kontexten auswirkt.

Hypothesen

Die Studie verfolgte zwei Ziele: Untersucht werden sollten erstens Auswirkungen des Codierformats der Übungsaufgaben und zweitens der Einfluss einer Anbindung von Lernprozessen an einen Lernanker auf den Erwerb deklarativen Wissens, die Transferleistung, die aktuelle Motivation und den Grad der wahrgenommenen kognitiven Lernaktivitäten. Somit wurden folgende Hypothesen geprüft:

- H1: Lernende der Experimentalgruppe erwerben mehr deklaratives Wissen, zeigen eine höhere Motivation und eine bessere Transferleistung als Probanden der Kontrollgruppe. In der Kontrollgruppe wurde kein Lernanker eingesetzt. In der Experimentalgruppe erfolgte die Anbindung der Lernprozesse an einen Lernanker. Als Lernanker kam die Anwendung des Sensors in einem realistischen Kontext zum Einsatz.
- H2: Der Erwerb deklarativen Wissens, die Transferleistung und der Grad der wahrgenommenen kognitiven Lernaktivitäten fällt bei Lernenden, die dual codierte Übungsaufgaben lösen, höher aus als bei den Lernenden, die monocodal präsentierte Aufgaben bearbeiten.

Methodik

An der quasi-experimentellen Interventionsstudie nahmen 170 Probanden der 9. Jahrgangsstufe teil. Der Studie lag ein mehrfaktorielles, multivariates Design zu Grunde. Die Faktoren waren das 3-fach gestufte Codierformat der Übungsaufgaben mit den Faktorstufen „dual“, „bildbasiert“ und „textbasiert“ sowie der 2-fach gestufte Lernanker mit den Faktorstufen „mit authentischer Anbindung“ und „ohne authentische Anbindung“. Als abhängige Variablen wurden zu drei Erhebungszeitpunkten das deklarative Wissen (pre-, post- und follow-up-Test), zu zwei Erhebungszeitpunkten die Transferleistung (post- und follow-up-Test) und zu jeweils vier Erhebungszeitpunkten die aktuelle Motivation sowie der Grad der wahrgenommenen kognitiven Lernaktivitäten erhoben (pre-, Zwischen-, post- und follow-up-Test). Außerdem wurden die Einschätzungen der Lernenden bezüglich der wahrgenommenen Authentizität des Lernankers und der wahrgenommenen inhaltlichen Relevanz des Unterrichtsthemas zu jeweils vier Erhebungszeitpunkten als Kontrollvariablen erfasst.

Ergebnisse

Einfluss des Lernankers auf die aktuelle Motivation

Die Ergebnisse der MANOVA mit Messwiederholung (MANOVA mit MW) ergaben einen statistisch signifikanten Haupteffekt des Lernankers und einen statistisch signifikanten Interaktionseffekt der Faktorenwechselwirkung Lernanker*Messzeitpunkt auf die aktuelle Motivation.

Lernende, die keinen Lernanker präsentiert bekamen, gaben eine signifikant geringere aktuelle Motivation an als die Probandengruppe, die den Lernanker präsentiert bekam (Pillai-Spur des Haupteffekts: $F(1;160) = 15,984$; $p < .001$; par. $\eta^2 = .092$). Die Effektstärke lag im mittleren Bereich. Die Analyse des Motivationsverlaufs im Rahmen der MANOVA mit MW zeigte, dass die aktuelle Motivation der Probanden, deren Lernprozesse gebunden an den Lernanker abliefen, zwischen dem ersten und zweiten Messzeitpunkt signifikant stärker anstieg als bei den Probanden, die keinen Lernanker präsentiert bekamen. Die Analyse des Motivationsverlaufs zeigte jedoch auch, dass zwischen dem zweiten und dritten Messzeitpunkt die aktuelle Motivation der Probanden, die keinen Lernanker präsentiert bekamen, auf das Niveau der anderen Probanden anstieg. Zum dritten Messzeitpunkt konnte kein Unterschied in der aktuellen Motivation zwischen den Probandengruppen nachgewiesen werden (Pillai-Spur des Interaktionseffekts der Faktorenwechselwirkung Lernanker*Messzeitpunkt und Korrektur der Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser: $F(2,265; 357,861) = 26,599$; $p < .001$; par. $\eta^2 = .144$). Die Effektstärke lag im hohen Bereich.

Einfluss des Lernankers auf die Transferleistung zur Anwendung des Sensors in verschiedenen Kontexten

Die Ergebnisse der MANOVA und der MANOVA mit MW ergaben einen statistisch signifikanten Haupteffekt des Lernankers und einen statistisch signifikanten Interaktionseffekt der Faktorenwechselwirkung Lernanker*Messzeitpunkt auf die Transferleistung.

Die Transferleistung von Lernenden, deren Lernprozesse gebunden an den Lernanker abliefen, war besser als diejenige von Lernenden, die keinen Lernanker präsentiert bekamen (Pillai-Spur des Haupteffekts: $F(1;160) = 16,931$; $p = .004$; par. $\eta^2 = .092$). Ferner zeigte die MANOVA mit MW (post- und follow-up-Test), dass die Transferleistung der Probanden mit Lernanker zeitlich stabiler war als jene der anderen Probanden (Pillai-Spur des Interaktionseffekts der Faktorenwechselwirkung Lernanker*Messzeitpunkt: $F(1;160) = 11,234$; $p = .001$; par. $\eta^2 = .066$). Die Effektstärken lagen im mittleren Bereich.

Einfluss des Codierformats der Übungsaufgaben auf die Transferleistung zum Aufbau und zur Funktionsweise ähnlicher Sensoren

Die Ergebnisse der MANOVA ergaben einen statistisch signifikanten Haupteffekt des Codierformats der Übungsaufgaben auf die Transferleistung zum Aufbau und zur Funktionsweise ähnlicher Sensoren. Statistisch unbedeutend war der Einfluss des Codierformats der Übungsaufgaben auf die Transferleistung zur Anwendung des Sensors in verschiedenen Kontexten.

Probanden, die bildhaft codierte Übungsaufgaben lösten, zeigten eine signifikant bessere Transferleistung zum Aufbau und zur Funktionsweise ähnlicher Sensoren als Probanden, die textbasierte oder dual codierte Übungsaufgaben bearbeiteten (Pillai-Spur des Haupteffekts zum Messzeitpunkt „post-Test“: $F(2;160) = 6,664$; $p = .002$; par. $\eta^2 = .061$). Die Effektstärke lag im mittleren Bereich.

Einfluss des Codierformats der Übungsaufgaben auf den Erwerb deklarativen Wissens

Die Ergebnisse der MANOVA und der MANOVA mit MW ergaben einen statistisch signifikanten Haupteffekt des Codierformats und einen statistisch signifikanten Interaktionseffekt der Faktorenwechselwirkung Codierformat*Messzeitpunkt auf den Wissenserwerb.

Probanden, die rein bildhaft codierte Übungsaufgaben lösten, erwarben signifikant mehr deklaratives Wissen zum Aufbau und zur Funktionsweise des Sensors als Probanden, die rein textbasierte oder dual codierte Aufgaben bearbeiteten (Pillai-Spur des Haupteffekts zum Messzeitpunkt „post-Test“: $F(2;160) = 11,564$; $p < .001$; par. $\eta^2 = .128$). Ferner zeigte die MANOVA mit MW (post- und follow-up-Test), dass das deklarative Wissen dieser Probanden zeitlich stabiler war als jenes der anderen beiden Probandengruppen, die rein textbasierte oder dual codierte Übungsaufgaben lösten (Pillai-Spur des Interaktionseffekts der Faktorenwechselwirkung Codierformat*Messzeitpunkt: $F(2;160) = 16,339$; $p < .001$; par. $\eta^2 = .151$). Die Effektstärken lagen im mittelgroßen bis großen Bereich.

Diskussion

Anbindung der Lernprozesse an einen Lernanker

Die Hypothese H1 konnte nicht vollständig bestätigt werden. Es wurde angenommen, dass die Bindung der Lernprozesse an den Lernanker eine höhere aktuelle Motivation, eine höhere Transferleistung und einen höheren Wissenserwerb zur Folge hat. Während positive Effekte des Lernankers auf die aktuelle Motivation und die Transferleistung zur Anwendung des Sensors in verschiedenen Kontexten gezeigt werden konnte, gelang es nicht, Effekte des Lernankers auf den Wissenserwerb nachzuweisen. Hinsichtlich der aktuellen Motivation konnte außerdem gezeigt werden, dass attraktive Unterrichtstätigkeiten das Fehlen eines Lernankers kompensieren können. Bezüglich des Wissenserwerbs spiegelt das Ergebnis vor allem die inkonsistente Forschungslage wider. Auf der einen Seite gibt es Forschungsarbeiten, die eine positive Wirkung des Lernankers auf den Wissenserwerb nachwiesen. Auf der anderen Seite liegen auch Studienergebnisse vor, die keine Unterschiede im Wissenserwerb zwischen Gruppen mit und Gruppen ohne Lernanker feststellten. Die uneinheitliche Erhebung des Wissenserwerbs könnte ein Grund für die widersprüchlichen Ergebnisse sein.

Codierformat der Übungsaufgaben

Die Hypothese H2 konnte nicht ausnahmslos bestätigt werden. Es wurde angenommen, dass die Bearbeitung multicodal präsentierter Übungsaufgaben im Vergleich zur Bearbeitung monocodal präsentierter Aufgaben einen größeren Wissenszuwachs zur Folge hat. Begründet wurde diese Annahme durch die Verknüpfung zwischen den verbalen und den visuellen Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis und die damit verbundene lernförderliche Wirkung (z.B. Weidenmann, 2002). Ein Grund für das bessere Abschneiden der Probanden, die bildhaft codierte Aufgaben lösten, könnten die unmittelbareren Verarbeitungsprozesse der bildhaft dargestellten Informationen sein. Nach der multimodalen Gedächtnistheorie (Engelkamp, 1990) und dem integrierten Modell des Text- und Bildverstehens (Schnotz, 2005) werden bildhaft präsentierte Informationen direkter verarbeitet als textbasierte. Nach Schnotz (2005) kann z.B. die Bildung oder der Abruf eines mentalen Modells direkt aus der Verarbeitung der Bildinformationen resultieren. Im Gegensatz dazu ist bei der Verarbeitung von Textinformationen zuerst das Erstellen eines propositionalen Netzes nötig. Danach kann ein bestehendes mentales Modell abgerufen oder ein neues generiert werden. Auch die aufwändigere Encodierung der multicodal präsentierten Aufgaben könnte dazu führen, dass die Bearbeitung der bildhaft präsentierten Aufgaben zu einem höheren Wissenserwerb führte.

Literatur

- Engelkamp, J. (1990). Das menschliche Gedächtnis: Das Erinnern von Sprache, Bildern und Handlungen. Göttingen: Hogrefe
- Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R.E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 49-69
- Weidenmann, B. (2002). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In L.J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. Weinheim: Beltz, 45-62

Sprachförderung im Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Das Lernen und Lehren im Fach sind ohne die Verwendung der Sprache nicht möglich (Norris & Phillips, 2003; Wellington & Osborne, 2009; Yore & Treagust, 2006). Zudem weisen internationale (Prenzel et al., 2005; Ramm et al., 2004) und nationale (Baur, Grotjahn & Spettmann, 2006; Stanat et al., 2005) Studien darauf hin, dass das erreichte Leistungsniveau der Schülerinnen und Schüler mit Sprachdefiziten deutlich niedriger ist als das der Schülerinnen und Schüler, die die Sprache kompetent verwenden. Des Weiteren sollen die Schülerinnen und Schüler zusätzlich die Sprache des Faches beherrschen. Da das Lernen im Fach untrennbar verknüpft ist mit der verwendeten Sprache (Merzyn, 1998), können mangelnde Fachsprachkenntnisse das fachliche Verständnis behindern (Deppner, 1989). Aus diesem Grund sollen die Schülerinnen und Schüler, unabhängig von ihrem Migrationshintergrund, explizit in der Fachsprache gefördert werden (Lemke, 1990).

Vor diesem Hintergrund richtet dieses Projekt den Fokus auf sprachliche Aspekte des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Im Rahmen des Projektes soll die Sprachkompetenz der Schülerinnen und Schüler im Bereich des Erlernens der chemischen Fachsprache gezielt gefördert werden.

Zielsetzung und Hypothesen

Ziel der hier vorgestellten Studie ist es, den Einfluss der Beherrschung der chemischen Fachsprache auf das Lernen der Unterrichtsinhalte zu untersuchen und Materialien, die sowohl die Fachsprache als auch das Lernen im Fach fördern, zu entwickeln. Dabei werden die folgenden Hypothesen überprüft:

- Schülerinnen und Schüler, die die chemische Fachsprache (L_C) besser beherrschen, schneiden auch im Chemieleistungstest besser ab.

Schülerinnen und Schüler mit Defiziten in der Fachsprache, die in der chemischen Fachsprache gefördert worden sind, ...

- ... schneiden im Chemieleistungstest besser ab als die Schülerinnen und Schüler, die stattdessen zusätzliche Übungsaufgaben bearbeitet haben.
- ... schneiden im chemischen Fachsprachentest besser ab als die Schülerinnen und Schüler, die stattdessen zusätzliche Übungsaufgaben bearbeitet haben.
- ... verbessern ihre Sprachbeherrschung in der Unterrichtssprache.

Methodik

Das Projekt besteht aus der Pilot- und der Hauptstudie. Das Ziel der Pilotstudie bestand darin, die entwickelten Testinstrumente und der Fördermaterialien zur chemischen Fachsprache zu erproben. Zu diesem Zweck wurden Materialien mit (in Anlehnung an Leisen, 2010) und ohne Schwerpunkt zur Förderung der chemischen Fachsprache in den Themen „Stoffe und ihre Eigenschaften“, „Aggregatzustände“, „Stoffgemische“ und „Trennverfahren“ entwickelt und erprobt. Die Ergebnisse der Pilotstudie haben gezeigt, dass die Fördergruppe mit dem Schwerpunkt auf der chemischen Fachsprache einen signifikant höheren Lernzuwachs in der chemischen Fachsprache in den Themenbereichen „Mischen“ und „Trennen“ (Mischen: $t(25) = 3.181$, $p < .01$; Trennen: $t(14) = 2.301$, $p < .05$) aufweist als die andere Gruppe. Aufgrund dessen wurden in die Hauptstudie die Materialien zu den Themen „Stoffgemische“ und „Trennverfahren“ übernommen.

An der Hauptstudie haben insgesamt 6 Gymnasien und Gesamtschulen in NRW teilgenommen. Aus diesen sechs Schulen liegen von 294 Schülerinnen und Schüler der Klasse 7 Pre-Postdaten vor. Die Schülerinnen und Schüler wurden auf die beiden unterschiedlichen Fördergruppen verteilt. Die Intervention dauerte zehn Wochen. Die beiden Gruppen wurden hinsichtlich ihrer Chemieleistung, ihrer Unterrichtssprache und ihrer Fachsprache sowie der entsprechenden Lernzuwächse miteinander verglichen (siehe Abb.1).

Pre-Test	Förderstudie			Post-Test
-C-Test L _U -C-Test L _C -Fachwissen -KFT -Fachinteresse -Sozialer Hintergrund	Sprachbeherrschung	Förderung ohne Schwerpunkt chemischer Fachsprache (KG)	Förderung mit Schwerpunkt chemischer Fachsprache (IG)	-C-Test L _U -C-Test L _C -Fachwissen
L _U (+) & L _C (-)		A	B	
L _U (-) & L _C (-)		C	D	
	L _U (+) & L _C (+)	E	F	

Abb. 1: Eine Übersicht des Designs der Hauptstudie

Erste Ergebnisse

Wie man in der Abbildung 2 sieht, weisen die Tests eine gute bis sehr gute Reliabilität (Bortz & Döring, 2006) auf und dem Kolmogorov-Smirnov-Test zu folge sind die Daten nicht normal verteilt (Field, 2009). Aus diesem Grund werden für die weitere Vergleiche nicht parametrische Tests eingesetzt.

Tests	Nitem	Cronbachs' Alpha	Kolmogorov-Smirnov-Test
Fachwissenstest	20	.798	$D(294) = 1.879; p = .002$
Triadentest	12	.909	$D(294) = 1.400; p = .040$
C-Test L _U	40	.904	$D(294) = 4.035; p < .001$
C-Test L _C	40	.909	$D(294) = 2.939; p < .001$

Abb. 2: Eine Übersicht zur Reliabilität der Instrumente und zur Normalverteilung der Daten

Der Vergleich von Kontroll- und Interventionsgruppe zeigt, dass sie sich hinsichtlich des Fachwissens nicht signifikant unterscheiden ($U = 9999; z = -.618; p = .537$). Jedoch erreicht die Interventionsgruppe im Triadentest signifikant bessere Ergebnisse ($U = 8929; z = -2.219; p = .027$). Da beide Gruppen dieselben Inhalte bearbeitet haben, erreichen sie im Fachwissenstest, in dem das Faktenwissen abgefragt wird, ähnliche Ergebnisse (siehe Abb.3 und Abb.4).

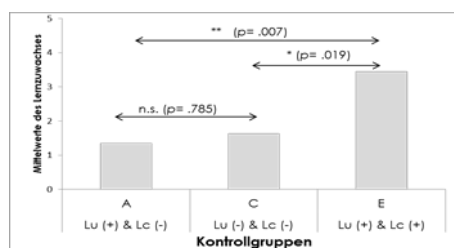


Abb.3: Vergleich der Kontrollgruppen im Fachwissenstest

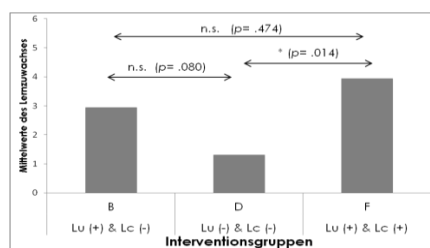


Abb.4: Vergleich der Interventionsgruppen im Fachwissenstest

Eine detaillierte Analyse der Kontroll- und Interventionsgruppen im Fachwissenstest hat gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler, die sowohl die Unterrichtssprache als auch die chemische Fachsprache gut beherrschen (L_U(+) & L_C(+)), in beiden Gruppen signifikant bessere Ergebnisse erreichen (siehe Abb.3 & Abb.4). Vergleicht man die Gruppe A und B (L_U(+) & L_C(-)), stellt man fest, dass die Schülerinnen und Schüler, die zumindest die

Unterrichtssprache gut beherrschen, mehr von einer Förderung mit dem Schwerpunkt der chemischen Fachsprache profitieren (Cohen's $d = .419$). Das Ergebnis bestätigt den Einfluss der Beherrschung der Unterrichtssprache und der chemischen Fachsprache.

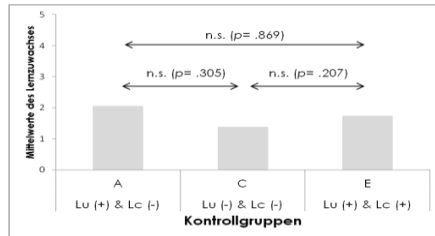


Abb.5: Vergleich der Kontrollgruppen im Triadentest

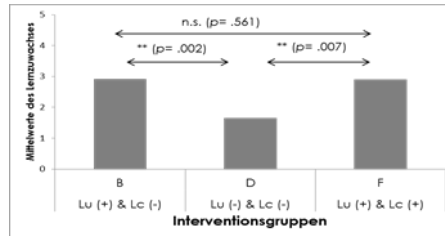


Abb.6: Vergleich der Interventionsgruppen im Triadentest

Vergleicht man die Ergebnisse des Triadentests zwischen Interventions- und Kontrollgruppen, stellt man fest, dass die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Schwerpunkt der chemischen Fachsprache gefördert worden sind, die Zusammenhänge zwischen den Begrifflichkeiten besser erkennen und beschreiben können als die Schülerinnen und Schüler, die zusätzliche Chemieaufgaben bearbeitet haben (Cohen's $d = .332$). Außerdem zeigt sich erneut der Einfluss der Beherrschung der Unterrichtssprache und der chemischen Fachsprache (siehe Abb.5 & Abb.6).

Literatur

- Baur, R. S., Grotjahn, R. & Spetmann, M. (2006). Der C-Test als Instrument der Sprachstandserhebung und Sprachförderung. In J.-P. Timm & H. J. Vollmer (Hrsg.), Fremdsprachenlernen und Fremdsprachenforschung. Kompetenzen, Standards, Lernformen, Evaluation : Festschrift für Helmut Johannes Vollmer. Tübingen: Narr, 389-406
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler: Mit 87 Tabellen. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer
- Deppner, J. (1989). Fachsprache der Chemie in der Schule: Empirische Untersuchung zum Textverständnis und Ansätze zur sprachlichen Förderung türkischer und deutscher Schülerinnen und Schüler. Heidelberg: Groos
- Field, A. (2009). Discovering statistics using spss: (and sex and drugs and rock 'n' roll'). 3. Auflage. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications
- Leisen, J. (2010). Handbuch Sprachförderung im Fach: Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach. Bonn: Varus
- Lemke, J. L. (1990). Talking science: Language, learning, and values. Norwood, N.J: Ablex Pub. Corp.
- Merzyn, G. (1998). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. Physik in der Schule, 36 (6), 203-288
- Norris, P. S. & Phillips, L. M. (2003). How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy. Science Education, 87 (2), 224-240
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M. et al. (Hrsg.). (2005). PISA 2003: Der zweite Vergleich der Länder in Deutschland- Was wissen und können Jugendliche? Münster [u.a.]: Waxmann
- Ramm, G., Prenzel, M., Heidemeier, H., & Walter, O. (2004). Soziokulturelle Herkunft: Migration. In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand et al. (Hrsg.), PISA 2003: Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Münster: Waxmann, 254-272
- Stanat, P., Baumert, J. & Müller, A. G. (2005). Förderung von deutschen Sprachkompetenzen bei Kindern aus zugewanderten und sozial benachteiligten Familien: Evaluationskonzept für das Jacobs-Sommercamp Projekt. Zeitschrift für Pädagogik, 51, 856-875
- Wellington, J. J. & Osborne, J. (2009). Language and literacy in science education. Buckingham: Open Univ. Press.
- Yore, L. D. & Treagust, D. F. (2006). Current Realities and Future Possibilities: Language and science literacy-empowering research and informing instructions. International Journal of Science Education, 28 (2-3), 291-314

Wie lernen Hochbegabte Physik?

Vorhandene naturwissenschaftsbezogene Analysen zur Hochbegabung legen den Schwerpunkt vor allem auf die exzellente Problemlösefähigkeit Hochbegabter (Coleman & Shore, 1991) und auf Ähnlichkeiten zwischen den Denkprozessen von Hochbegabten und Experten beim Lösen mathematischer und physikalischer Aufgaben (Shore & Kanevsky, 1993). Der erwartungsgemäß stark ausgeprägte Zusammenhang von Hochbegabung und hoher Performanz ist in der Literatur für unterschiedlichste Domänen beschrieben (z.B. Gage & Berliner, 1996, S. 60). Wie und unter welchen Randbedingungen sich das Potenzial Hochbegabter positiv entwickelt, ist hingegen weitgehend unklar, wie das folgende Zitat von Greene (2008, S. 1069) verdeutlicht: „However, the question as to why gifted students tend to be more successful remains somewhat of a mystery“. Ausgehend von der Annahme, dass Lernprozesse das entscheidende Bindeglied zwischen Potenzial und Performanz darstellen (vgl. Weinert, 2000, S. 9), werden innerhalb der im Folgenden vorgestellten Studie die Handlungs-, Denk- und Lernprozesse Hochbegabter beim Bearbeiten physikbezogener Lernaufgaben videogestützt erhoben und kategorienbasiert analysiert.

Empirische Ausgangspunkte und Ziele der Studie

Empirische Befunde prozessbasierter Studien zum Lernen von Physik zeigen, dass die Lernprozesse von normalbegabten Lernern überwiegend geprägt sind von Exploration und nur geringen Anteilen an Explizierungen und Verallgemeinerungen (vgl. z. B. Rogge, 2010; v. Aufschnaiter & Rogge, 2010) sowie von langsam verlaufenden bottom-up-Entwicklungen innerhalb von Konzeptaufbauprozessen (vgl. v. Aufschnaiter & v. Aufschnaiter, 2003). Ein Ziel der Studie ist die Überprüfung und ggf. Erweiterung der vorliegenden Befunde in Hinblick auf die Besonderheiten hochbegabter Lerner. Ausgehend davon sollen Kriterien für die Gestaltung von Förderangeboten für Hochbegabte abgeleitet werden.

Auswahl der Lernmaterialien für die Datenerhebungen

Das bei den Datenerhebungen eingesetzte Lernmaterial wurde nicht speziell für hochbegabte Lerner konzipiert, sondern stammt aus anderen Projekten. Gründe für diese Entscheidung waren zum einen das Fehlen von empirisch gesicherten Kriterien für die Gestaltung von Lernmaterialien für Hochbegabte, zum anderen ermöglicht die Verwendung von Lernmaterialien aus anderen Projekten (z. B. Rogge, 2010), in denen normalbegabte Lerner auf Video aufgezeichnet wurden, vergleichende Analysen. Es wurde zunächst angenommen, dass die Lernmaterialien aufgrund des, an die Lernprozesse durchschnittlicher Lerner angepassten, hohen Maßes an Strukturiertheit und Redundanz bei den hochbegabten Probanden Langeweile und Unterforderung hervorrufen würden. Ausgehend von den Ergebnissen erster Erprobungen sollte daher das Lernmaterial entsprechend modifiziert werden. Diese Annahme bestätigte sich jedoch zumindest nicht in der erwarteten Deutlichkeit, sodass auch nach einer ersten Erprobungsphase die bereits genutzten Lernmaterialien, zu Gunsten der Vergleichbarkeit der Ergebnisse, unverändert beibehalten werden konnten. Als Lernmaterialien standen Einheiten zu den Themenfeldern Wärme, Elektrizität, Reibung und Robotik zur Verfügung. Da bei der Erhebung der Daten pro Lerneinheit nur ein Zeitrahmen von 90 Minuten vorgesehen war, wurde aus der längeren zweiteiligen Einheit zur Wärmelehre nur der erste Teil verwendet.

Auswahl der Probanden und Erhebung der Daten

Die Probanden wurden an kooperierenden Schulen der Region rekrutiert. Die Suche nach Schulen erwies sich als schwierig, da häufig keine Förderprogramme für Hochbegabte existieren und somit keine Ansprechpartner an den Schulen für das Auffinden geeigneter Schüler und zur Durchführung von Kooperationsprojekten zur Verfügung stehen. Voraussetzung zur Teilnahme für die Schüler/innen war ein vorliegendes Gutachten mit der Diagnose einer intellektuellen Hochbegabung. Ein solches Gutachten wird oft von Beratungsstellen oder (Schul-)Psychologen erstellt. Es konnten bislang 18 Schüler/innen der Mittelstufe rekrutiert und in den vier Lernumgebungen auf Video aufgezeichnet werden. Die Lerneinheiten wurden dabei jeweils zu zweit bearbeitet und jede Gruppe gefilmt. Zu Beginn jeder Lerneinheit wurde zusätzlich das inhaltspezifische Vorwissen durch einen paper-pencil-test erhoben. Auf eine Nachtestung wurde zunächst verzichtet, da die sehr kurzen Sequenzen keinen deutlichen Lernzugewinn erwarten ließen.

Erster Zugang zur kategorienbasierten Auswertung des Videomaterials

Als erster Zugang zu den Videodaten wurden die Videos für das Themenfeld Wärmelehre anhand der bei Rogge (2010, S. 106 f.) beschriebenen Kategoriensysteme „Aktivitäten“ und „Konzeptualisierungsniveaus“ kodiert (s. Abb. 1). Insgesamt wurden bislang die Videos von 14 Schüler/innen ausgewertet. Dazu wurde mit der Software Videograph für jeden Schüler einzeln auf Basis von 10-Sekunden-Intervallen zunächst die Aktivität und anschließend für jedes Intervall, in dem „fachlich beitragen“ kodiert wurde, zusätzlich das Konzeptualisierungsniveau des fachlichen Beitrags kodiert. Das Kodieren der Videos erfordert einen erheblichen Zeitaufwand (ca. 10fache Videodauer), sodass bislang nur das Videomaterial zum Themenfeld Wärmelehre ausgewertet werden konnte.

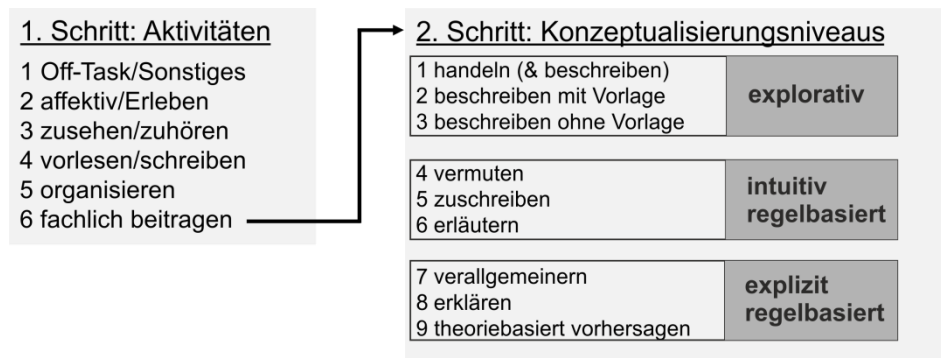


Abb. 1: Kodierschema (vgl. Rogge, 2010, S. 99)

Die Auswertung der Daten anhand des Kodierschemas erfolgte vor dem Hintergrund der Hypothese, dass hochbegabte Lerner häufiger fachliche Beiträge leisten und diese Beiträge auf höheren Konzeptualisierungsniveaus angesiedelt sind als die normalbegabter Lerner. Die von Rogge erhobenen und detailliert ausgewerteten Daten von 15 Schüler/innen der Klassen 8 und 11 (vgl. Rogge, 2010, S. 98 f.) innerhalb des gleichen Teils der Lernumgebung ermöglichen vergleichende Analysen und liefern weiterhin Hinweise darauf, an welchen Stellen weitere Detailanalysen ansetzen können.

Erste Ergebnisse

Die Vortestung lässt auf eine gute Passung des Lernmaterials mit den Vorkenntnissen der hochbegabten Schüler/innen schließen. Nur vier Schüler der Klassen 8 bis 10 hatten bereits fachlich angemessene Vorstellungen im thematisierten Bereich der Wärmelehre.

Die Videoanalyse zeigt innerhalb der Kategorie „Aktivitäten“ eine hohe Varianz zwischen den Zeitanteilen verschiedener Aktivitäten innerhalb und zwischen den Gruppen. Für die Variable „fachlich beitragen“ ergaben sich je nach Individuum Zeitanteile zwischen 19,1% und 41,5%. Bezogen auf den gleichen Teil des Lernmaterials liegt der Median des zeitlichen Anteils von „fachlich beitragen“ an der Gesamtheit aller kodierten Intervalle mit 30% unterhalb des von Rogge (2010, S. 150) erhobenen Wertes von 36,6%.

Die Hypothese, dass Hochbegabte häufiger fachliche Beiträge einbringen als nicht hochbegabte Lerner, kann anhand der bislang ausgewerteten Daten somit nicht bestätigt werden. Für die Konzeptualisierungsniveaus lässt sich ebenso wie für die Aktivitäten eine große Varianz der individuellen Zeitanteile feststellen. Innerhalb der Kategorie „fachlich beitragen“ liegen die Zeitanteile für explorative Beiträge zwischen 26,5% und 75,7%, die Zeitanteile für intuitiv regelbasierte Beiträge liegen zwischen 23,8% und 69,6%. Explizit regelbasierte Beiträge konnten nur vereinzelt identifiziert werden. Der Median der Zeitanteile explizit regelbasierter Beiträge liegt dabei mit 2,4% sogar unter dem von Rogge ermittelten Wert von 4,1% innerhalb des gleichen Teils der Lernumgebung (vgl. Rogge 2010, S. 187). Die Hypothese, dass die fachlichen Beiträge Hochbegabter häufiger höhere Konzeptualisierungsniveaus erreichen, kann mit den bisher analysierten Daten nicht bestätigt werden.

Diskussion und Ausblick

Die zunächst angenommenen deutlichen Unterschiede in Bezug auf die Quantität und Qualität fachlicher Beiträge zwischen hochbegabten und normalbegabten Lernern konnten durch die bisherigen Auswertungen für das Themenfeld Wärmelehre nicht bestätigt werden. Beim Vergleich der Daten muss allerdings die unterschiedliche Altersstruktur der Probanden berücksichtigt werden: Während Rogge Schüler/innen der Klassen 8 und 11 untersuchte (vgl. Rogge, 2010, S. 98), handelt es sich bei den hochbegabten Probanden um Schüler/innen der Klassen 5 bis 10. Zudem ist die Qualität der Zuschreibungen bislang nicht über die Bestimmung eines Übereinstimmungsmaßes überprüft worden. Die große Varianz innerhalb der Aktivitäten und Konzeptualisierungsniveaus legt außerdem eine große Heterogenität der Probanden nahe, sodass weitere Detailanalysen und Vergleiche auf der Ebene einzelner Individuen geplant sind. Ob die bisherigen Befunde auch für andere Themenfelder Gültigkeit besitzen, wird ebenfalls Gegenstand weiterer Auswertungen sein.

Literatur

- Aufschnaiter, C. v., & Aufschnaiter, S. v. (2003). Theoretical framework and empirical evidence on students' cognitive processes in three dimensions of content, complexity, and time. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (7), 616-648
- Aufschnaiter, C.v., & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 95-114
- Coleman, E. B., & Shore, B. M. (1991). Problem-solving processes of high and average performers in physics. *Journal for the Education of the Gifted*, 14 (4), 366-379
- Gage, N.L., & Berliner, D.C. (1996). *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Psychologie Verlags Union
- Greene, J. A., Moos, D. C., Azevedo, R., & Winters, F. I. (2008). Exploring differences between gifted and grade-level students' use of self-regulatory learning processes with hypermedia. *Computers & Education*, 50 (3), 1069-1083
- Rogge, C. (2010). *Entwicklung physikalischer Konzepte in aufgabenbasierten Lernumgebungen*. Bd. 106. Berlin: Logos
- Shore, B. M., & Kanevsky, L. S. (1993). Thinking processes: Being and becoming gifted. In K. A. Heller, F. J. Mönks & A. H. Passow (Hrsg.), *International handbook of research and development of giftedness and talent*. Elmsford, NY, US: Pergamon Press, 133-147
- Weinert, F.E. (2000). Lernen als Brücke zwischen hoher Begabung und exzellenter Leistung. In F. Mönks, G. Pusch & D. Schneidergruber (Hrsg.), *Begabungen erkennen - Begabte fördern*. Bericht des 2. Internationalen Begabtenkongresses in Salzburg. Salzburg: ÖZBF, 7-23

Naturwissenschaftliche und fächerübergreifende Problemlösekompetenz

Ausgangspunkte der Studie

Im Rahmen der PISA Erhebung im Jahr 2003 wurde eine erhebliche Diskrepanz zwischen der mit 513 Punkten signifikant überdurchschnittlichen fächerübergreifenden analytischen Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern in Deutschland und ihrer naturwissenschaftlichen Kompetenz, die mit einer mittleren Punktzahl von 502 Punkten im Mittelfeld der teilnehmenden OECD-Staaten liegt, sichtbar. Keiner der anderen teilnehmenden Staaten zeigt, vor allem im unteren Leistungsniveau, eine solche Diskrepanz. Schülerinnen und Schüler in Deutschland scheinen über kognitives Potenzial zu verfügen, welches sich in ihrer Problemlösekompetenz widerspiegelt, das jedoch im Fachunterricht nur unzureichend eingebracht werden kann (vgl. dazu Leutner et al., 2004). Des Weiteren zeigt sich eine latente Korrelation zwischen der naturwissenschaftlichen Kompetenz und dem analytischen Problemlösen von 0.80, was auf einen statistischen Zusammenhang beider Größen hinweist.

Im Rahmen der PISA-I-Plus-Studie, einer Ergänzungsstudie 2003, die u.a. die naturwissenschaftliche Kompetenzentwicklung im Laufe eines Schuljahres untersuchte, wurde der Einfluss der fächerübergreifenden analytischen Problemlösekompetenz auf die Entwicklung fachlicher Kompetenz im Verlauf eines Schuljahres überprüft und mit dem Einfluss der vorhandenen fachlichen Ausgangskompetenz und der kognitiven Grundfähigkeit verglichen. Die fächerübergreifende Problemlösekompetenz ließ sich als einflussreicher Faktor nachweisen, der, alleine und jeweils in Kombination mit den beiden anderen Prädiktorvariablen sowie in Kombination aller drei Variablen, insgesamt 43,7% der Varianz innerhalb der zukünftigen naturwissenschaftlichen Kompetenz aufklären kann. Die zuvor dargestellten Ergebnisse lenkten den Fokus der Aufmerksamkeit auf die Bedeutung des Problemlösens und stellen die Ausgangssituation des Forschungsvorhabens dar, Konstrukte des analytischen Problemlösens auf naturwissenschaftlicher und psychologischer Seite genauer zu untersuchen.

Ziel des Forschungsprojekts

Ziel des Forschungsprojektes ist die Untersuchung des Einflusses ausgewählter Komponenten auf das fächerübergreifende und das fachspezifische analytische Problemlösen im Bereich der Naturwissenschaften. Beim Blick in die aktuelle Forschungsliteratur findet man eine Vielzahl an Studien, sowohl im Rahmen naturwissenschaftsdidaktischer Untersuchungen (z.B. Lee, 1996; Friege & Lind, 2006; Stawitz, 2010) als auch auf psychologischer Seite (z.B. Putz-Osterloh, 1988; Süß, 1996; Mayer, 1998), die den Einfluss einzelner Komponenten, wie vor allem verschiedener Arten des Wissens, auf die Problemlösekompetenz untersucht haben. In der vorliegenden Studie sollen Konstrukte der Problemlösekompetenz modelliert werden, die das Zusammenspiel der als relevant identifizierten Komponenten umfassend beschreiben.

Forschungsdesign und Methodik

Folgende Komponenten werden hinsichtlich ihres Einflusses auf die fächerübergreifende und naturwissenschaftliche analytische Problemlösekompetenz untersucht:

Bereichsspezifisches deklaratives Wissen, bereichsspezifisches prozedurales Wissen, metakognitives prozedurales Wissen sowie ein Teilaspekt der naturwissenschaftlichen Selbstregulationsfähigkeit – die Erstellung eines Handlungsplans.

Die Grundlage der Arbeit bilden die folgenden Forschungsfragen:

Forschungsfrage 1:

Wie groß ist der Einfluss der untersuchten Komponenten auf die naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz?

Forschungsfrage 2:

Wie groß ist der Einfluss der untersuchten Komponenten auf die fächerübergreifende Problemlösekompetenz?

Forschungsfrage 3:

Gibt es Gemeinsamkeiten zwischen den, die beiden Konstrukte beeinflussenden, Komponenten oder lassen sich beide Fähigkeiten hinsichtlich ihrer Einflussfaktoren klar, d.h. statistisch abgesichert, voneinander abgrenzen?

Für die naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz gilt es, die folgenden Hypothesen zu prüfen:

Hypothese 1.1: Im Vergleich zu den beiden anderen erhobenen Komponenten zeigen das naturwissenschaftliche prozedurale Wissen und das naturwissenschaftliche deklarative Wissen den größten Einfluss auf die naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz.

Hypothese 1.2: Der Einfluss der beiden in Hypothese 1.1 genannten Komponenten ist in etwa gleich groß.

Hypothese 1.3: Der Einfluss des metakognitiven prozeduralen Wissens und des erhobenen Aspekts der Selbstregulation ist in etwa gleich groß.

Für die fächerübergreifende Problemlösekompetenz gilt:

Hypothese 2.1: Im Vergleich zu den beiden anderen erhobenen Komponenten zeigen das fächerübergreifende metakognitive Wissen und die fächerübergreifende Selbstregulationsfähigkeit den größten Einfluss auf die fächerübergreifende Problemlösekompetenz.

Hypothese 2.2: Der Einfluss der beiden in H 2.1 genannten Komponenten ist in etwa gleich groß.

Hypothese 2.3: Der Einfluss des deklarativen und prozeduralen fächerübergreifenden Wissens ist in etwa gleich groß.

Zur Erfassung der verschiedenen Komponenten wurden Papier- und Bleistifttests entwickelt. Die Operationalisierung der verschiedenen Wissensarten erfolgte in Anlehnung an die Wissenstaxonomie nach Chi (1984), ergänzt durch Arbinger (1997). Für die Erfassung des naturwissenschaftlichen metakognitiven prozeduralen Wissens wurde auf den bereits bestehenden EEST (Thillmann, 2007) zurückgegriffen. Die Aufgaben zur Erfassung des Teilaspekts der Selbstregulationsfähigkeit entstanden in Anlehnung an das Testinstrument von Schütte (2012). Als Kontrollvariablen wurden zusätzlich das Interesse am Problemlösen, das Interesse an den Naturwissenschaften, die kognitive Grundfähigkeit sowie demographische Daten und Informationen zum kulturellen Kapital der Schülerinnen und Schüler erhoben. Die entwickelten Testinstrumente wurden zunächst im Rahmen einer Pilotierungsstudie hinsichtlich ihrer Reliabilitäten und der Trennschärfen der einzelnen Items optimiert. Daraufhin wurden in der Hauptstudie Daten von 732 Schülerinnen und Schülern der Haupt- und Gesamtschule sowie des Gymnasiums mithilfe von im Multi-Matrix-Design erstellten Testheften erhoben.

Erste Ergebnisse

Mit einem Durchschnittsalter von 14,79 Jahren liegen die Schülerinnen und Schüler nahe an dem der internationalen PISA-Kohorte. Ein erster Blick auf die Daten zeigt, dass das naturwissenschaftliche prozedurale Wissen ($\beta=0.288$; $p<0.001$; $R^2=0.083$), im Vergleich mit den drei anderen Komponenten, den größten spezifischen Beitrag zur Varianzaufklärung innerhalb der naturwissenschaftlichen Problemlösekompetenz liefert, wenn man die gesamte

Stichprobe betrachtet. Als zweitstärkster Prädiktor zeigt sich das naturwissenschaftliche deklarative Wissen ($\beta=0.245$; $p<0.001$; $R^2=0.06$). Auch das metakognitive prozedurale Wissen äußert sich als signifikanter Prädiktor ($\beta=0.192$; $p<0.001$; $R^2=0.037$). Der erhobene Aspekt der Selbstregulationsfähigkeit übt keinen signifikanten Einfluss aus. Insgesamt kann das multiple Regressionsmodell, bestehend aus den vier zuvor beschriebenen Komponenten, 13,5 % Varianz binden. Dies entspricht mit einem f^2 -Wert von 0,156 einem mittleren Effekt. Für die Substichproben der Hauptschüler und Gymnasiasten zeigt sich das deklarative naturwissenschaftliche Wissen als stärkster Prädiktor (Hauptschüler: $\beta=0.246$; $p<0.001$; $R^2=0.06$; Gymnasiasten: $\beta=0.293$; $p<0.001$; $R^2=0.086$), für die Gesamtschüler das metakognitive prozedurale Wissen ($\beta=0.204$; $p=0,002$; $R^2=0.042$).

Bezüglich der fächerübergreifenden Problemlösekompetenz leistet, von den 4 erhobenen Komponenten, das fächerübergreifende prozedurale Wissen ($\beta=0.176$; $p<0.001$; $R^2=0.031$) den größten Beitrag zur Varianzaufklärung. Auch bei der Substichprobe der Hauptschüler erweist sich das prozedurale Wissen als stärkster Prädiktor. Betrachtet man die Substichproben der Gesamtschüler und Gymnasiasten, so zeigen sich alle vier Komponenten als nicht signifikant in ihrem Einfluss auf die fächerübergreifende Problemlösefähigkeit.

Ausblick

Zunächst gilt es, im Rahmen der weiteren Datenauswertung den Einfluss der übrigen Komponenten und der Kontrollvariablen auf beide Problemlösekompetenzen zu erheben, um weitere mögliche Einflussfaktoren zu identifizieren. Aufbauend auf den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit werden Trainings entwickelt, mit deren Hilfe Schülerinnen und Schüler die Komponenten, die im Verlauf der Studie als für die analytische Problemlösekompetenz relevant identifiziert wurden, gezielt trainieren können. Hierüber soll dann indirekt eine Verbesserung der analytischen Problemlösefähigkeit erzielt werden.

Literatur

- Arbinger, R. (1997). *Psychologie des Problemlösens - eine anwendungsorientierte Einführung*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft
- Chi, M.T.H. (1984). Bereichsspezifisches Wissen und Metakognition. In F.E. Weinert & R.H. Kluwe (Hrsg.), *Metakognition, Motivation und Lernen*. Stuttgart: Kohlhammer, 211-232
- Friege, G. & Lind, G. (2006). Types and qualities of knowledge and their relation to problem solving in physics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4, 437-465
- Lee, K.W., Goh, N.-K., Chia, L.-S. & Chin, C. (1996). Cognitive variables in problem solving in chemistry: A revised study. *Science Education*, 80, 691-710
- Leutner, D., Klieme, E., Meyer, K. & Wirth, J. (2004). Problemlösen. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), *PISA 2003: Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann, 147-175
- Leutner, D., Fleischer, J. & Wirth, J. (2006). Problemlösekompetenz als Prädiktor für die zukünftige Kompetenz in Mathematik und den Naturwissenschaften. In Pisa-Konsortium Deutschland (Hrsg.), *PISA 2003 - Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung im Verlauf eines Schuljahres*. Münster: Waxmann, 119-137
- Mayer, R.E. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science*, 26, 49-63
- Putz-Osterloh, W. (1988). Wissen und Problemlösen. In H. Spada & H. Mandl (Hrsg.), *Wissenspsychologie*. München: PVU, 247-263
- Schütte, M., Wirth, J. & Leutner, D. (2012). Lernstrategische Teilkompetenzen für das selbstregulierte Lernen aus Sachtexten. *Psychologische Rundschau*, 63, 26-33
- Stawitz, H. (2010). *Auswirkung unterschiedlicher Aufgabenprofile auf die Schülerleistung*. Berlin: Logos Verlag
- Süß, H.-M. (1996). *Intelligenz, Wissen und Problemlösen*. Göttingen: Hogrefe Verlag
- Thillmann, H. (2008). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren*. Verfügbar unter: http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-18970/Dissertation_Thillmann_online-Version.pdf [09.10.2012]

Modellierung von Kompetenzveränderungen beim komplexen Problemlösen im Fach Chemie

Theoretischer Hintergrund

Die Fähigkeit zur Lösung komplexer Probleme ist eine der Kernkompetenzen des Unterrichts, die im Zuge der Fokussierung auf die Erkenntnisgewinnung auch in den naturwissenschaftlichen Fächern an Bedeutung gewinnt. Bisherige Studien zur Beschreibung von Problemlösekompetenzen beschränkten sich auf eine *domänenübergreifende* Modellierung des Konstrukts und entwickelten theoretische Konzepte, die denen der Intelligenzforschung nahe sind. *Domänenspezifische* Ansätze hingegen verstehen Problemlösen als einen Prozess, der sich nicht nur aus verschiedenen Teilprozessen zusammensetzt, sondern auch konzeptuelles Verständnis erfordert. So konnte Koppelt (2011) zeigen, dass für die zehnte Jahrgangsstufe vier Teilkompetenzen vorliegen: Problem verstehen und charakterisieren (PVC), Problem repräsentieren (PR), Problem lösen (PL), Lösung reflektieren und kommunizieren (LRK). Bislang wurde jedoch noch nicht untersucht, ob dieses Modell auch für eine Beschreibung von Kompetenzentwicklungen verwendet werden kann. Infolgedessen rückt die Frage nach der Veränderung des Messmodells in den Vordergrund (Köller & Parchmann, 2012).

Zielstellung

Auf Basis der zuvor identifizierten Desiderate lassen sich folgende Zielstellungen der Studie ableiten:

- Modellierung komplexer Problemlösekompetenz in verschiedenen Jahrgangsstufen
- Überprüfung der Invarianz des Messmodells über die Jahrgangsstufen hinweg
- Beschreibung von Kompetenzunterschieden
- Externe Validierung der Maße komplexen Problemlösens

Methoden

Insgesamt nahmen 1487 Schüler/innen der Jahrgangsstufen 8 ($N_8=506$) und 10 ($N_{10}=476$) sowie der Sekundarstufe II ($N_{Sek.II}=505$) an der Studie teil. Sämtliche Testinstrumente wurden in den Erhebungen computerbasiert administriert. So wurde die komplexe Problemlösekompetenz mit Hilfe virtueller Labors erfasst, die in einem Common-Item-Design miteinander verlinkt waren (Kolen & Brennan, 2004). Die Messung von Kovariaten wie Strategiewissen, fluide Intelligenz, Domänenwissen, Interesse an Chemie, Selbstkonzept und Computervertrautheit erfolgte mit bereits validierten Testinstrumenten (vgl. Scherer & Tiemann, 2012). Nach Kodierung der Logfile-basierten Datensätze kamen unter anderem Modelle der Item-Response-Theorie (*ConQuest*) und der konfirmatorischen Faktorenanalyse mit Mehrebenenstruktur (*Mplus*) zum Einsatz.

Ergebnisse

Modellierung der Kompetenzstruktur

Basierend auf den theoretischen Annahmen zur Struktur fachspezifischer, komplexer Problemlösekompetenz (Koppelt, 2011) wurden ein- bis vierdimensionale Partial-Credit-Modelle angepasst und miteinander verglichen. Die Likelihood-Ratio-Tests (LR-Tests) zeigten die empirische Präferenz der vierdimensionalen Modelle. Ferner deuteten die latenten Interkorrelationen an, dass sich die vier Teilkompetenzen empirisch voneinander trennen lassen ($r=.58-.78$, $p<.001$).

Messinvarianz

Unter Verwendung von Rasch-DIF-Modellen und Modellen der logistischen Regression (z.B. Santelices & Wilson, 2012) ließen sich Items mit uniformem DIF in den Anker-Modulen identifizieren. Diese wurden aus dem Anker in die Jahrgangsmodule verschoben. Das vierdimensionale Modell wurde anschließend auf die Daten der Gesamtstichprobe mit Hilfe einer konkurrenten Kalibrierung angepasst und mit weniger dimensional Modellen verglichen. Tabelle 1 zeigt die Resultate dieser Analysen, die suggerieren, dass das theoretische Modell empirisch bevorzugt ist. Es sei bemerkt, dass die Modelle mit zwei und drei Dimensionen auf Basis theoretischer Überlegungen zur Zusammenlegung von Teilkompetenzen spezifiziert wurden. Die marginalen Reliabilitäten waren substantiell bis gut (EAP/PV Reliabilität=.65-.80).

Modell	LogL (df)	AIC	BIC	LR-Test
1-dim	-52921.8 (293)	106429.5	107983.7	-
2-dim	-52548.3 (295)	105686.6	107251.4	$\Delta\chi^2(2)=746.9^{***}$
3-dim	-52280.9 (298)	105157.8	106738.6	$\Delta\chi^2(3)=534.7^{***}$
4-dim	-51749.9 (302)	104103.9	105705.8	$\Delta\chi^2(4)=1062.0^{***}$

Tab. 1: Modellanpassung und Modellvergleiche für die Gesamtstichprobe (***) $p < .001$.

Hieraus kann gefolgert werden, dass das zugrunde gelegte Messmodell invariant gegenüber den Jahrgangsstufen ist (Abb. 1).

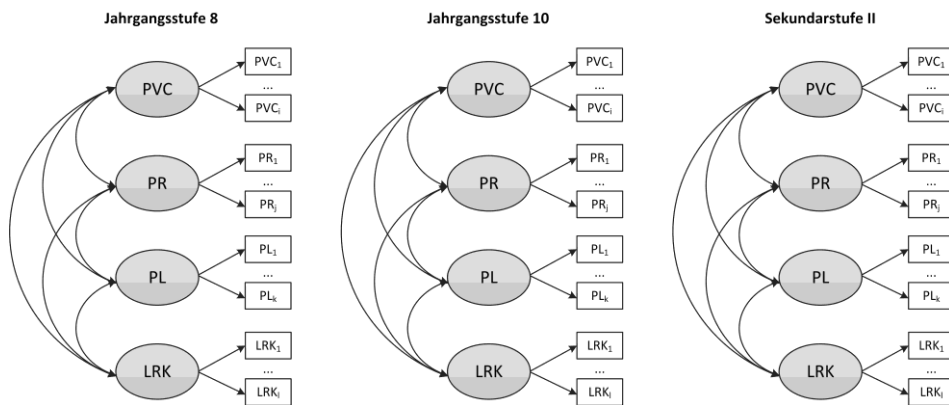


Abb. 1: Veranschaulichung der Invarianz des Messmodells.

Kompetenzvergleiche

Da Messinvarianz gegeben war, ließen sich die Jahrgangsstufen in ihren mittleren Kompetenzausprägungen miteinander vergleichen (Tab. 2). Die Resultate lieferten asynchrone Unterschiede in den Teilkompetenzen mit geringen bis mittleren Post-Hoc-Effekten ($d=.18-.34$, $p < .05$).

Dimension	Homogene Gruppen	Globaltest
PVC	8 vs. 10-12	$F(2,1484)=9.65$, $p < .05$, partielles- $\eta^2=.01$
PR	8-10 vs. 12	$F(2,1484)=19.55$, $p < .001$, partielles- $\eta^2=.03$
PL	8-10 vs. 10-12	$F(2,1484)=8.86$, $p < .001$, partielles- $\eta^2=.01$
LRK	8-10 vs. 12	$F(2,1484)=22.49$, $p < .001$, partielles- $\eta^2=.03$

Tab. 2: Jahrgangsstufen-Vergleiche für die Teilkompetenzen.

Bezüglich des Generalfaktors wurden ebenso schwache bis mittlere Effekte zugunsten höherer Jahrgangsstufen nachgewiesen ($r=.07-.14$, $p<.05$). Eine Detailanalyse der Unterschiede in der Dimension PL zeigte, dass Kompetenzveränderungen lediglich in den analytisch-statischen, nicht aber in den komplex-interaktiven Komponenten der Teilkompetenz stattfinden ($\beta=.22-.32$, $p<.01$).

Externe Validierung

Ein Random-Intercept-Modell mit Level-1-Prädiktoren lieferte als finales Vorhersagemodell auf latenter Ebene Hinweise auf die externe Validität der Problemlösekompetenz, die durch den Generalfaktor repräsentiert wird. Es zeigte sich, dass sowohl die kognitiven Variablen fluide Intelligenz, Strategiewissen, Domänenwissen und die Chemienote als auch die nicht-kognitiven Variablen Herkunft (1=deutsch) und Interesse an Chemie signifikante und positive Effekte auf die komplexe Problemlösekompetenz aufwiesen ($R^2=.659$, $p<.001$).

Diskussion

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass ein theoretisches Modell fachspezifischen, komplexen Problemlösens mit vier Teilkompetenzen (Koppelt, 2011) empirisch für die Jahrgangsstufen 8 und 10 sowie die Sekundarstufe II bestätigt werden kann. Dieses Modell zeigte Messinvarianz, was eine Deutung der vier Dimensionen als Progressvariablen zulässt. Kompetenzveränderungen finden somit in den Ausprägungen der vier Teilkompetenzen statt. Anhand der Kompetenzvergleiche lässt sich ableiten, dass im Wesentlichen Unterschiede zwischen Schüler/innen der Sekundarstufen I und II bestehen. Zudem sind die Veränderungen in den Teilkompetenzen asynchron, was sich anhand der Verschiedenheit der zugrundeliegenden kognitiven Teilprozesse deuten lässt. Für die Dimension Problem lösen konnten bisherige Studien insofern bestätigt werden, als dass Jahrgangsstufen-Effekte lediglich in der analytischen Komponente vorhanden waren (z.B. Klahr, 2000).

Literatur

- Klahr, D. (2000). Exploring science. Cambridge, MA: MIT Press
- Kolen, M., & Brennan, R. (2004). Test equating, scaling, and linking. New York: Springer
- Köller, O., & Parchmann, I. (2012). Competencies: The German notion of learning outcomes. In S. Bernholt, K. Neumann, & P. Nentwig (Hrsg.), Making it tangible – Learning outcomes in science education. Münster: Waxmann, 165-185
- Koppelt, J. (2011). Modellierung dynamischer Problemlösekompetenz im Chemieunterricht. Berlin: Mensch & Buch
- Santelices, M. V., & Wilson, M. (2012). On the relationship between differential item functioning and item difficulty: An issue of methods? Item response theory approach to differential item functioning. Educational and Psychological Measurement, 72 (1), 5-36
- Scherer, R., & Tiemann, R. (2012). Factors of problem-solving competency in a virtual chemistry environment: The role of metacognitive knowledge about strategies. Computers & Education, 59 (4), 1199-1214
- Wüstenberg, S., Greiff, S., & Funke, J. (2012). Complex problem solving - more than reasoning? Intelligence, 40 (1), 1-14

Mohamed Shahat¹
 Annika Ohle²
 Hans E. Fischer¹

¹University of Duisburg-Essen
²TU Dortmund

Fostering Problem Solving Abilities for Egyptian Physics Classes

Theoretical background

Educators and policymakers envision the future of education in Egypt as enabling learners to acquire scientific inquiry and problem-solving skills (Ministry of Education-Egypt, 2010). This renewed focus has become a priority due to findings from the last TIMSS study of 2007. The study found that the average science score of Egyptian eighth grade students was 408, which is significantly less than the international mean of 500 (Mullis, Martin, Robitaille & Foy, 2009). In TIMSS 2007 results, Egypt ranked 41st out of the 59 participating countries, revealing especially that students have difficulties with problem solving tasks (Mullis et al., 2009). In addition to lower achievement, Egyptian students showed a negative attitude towards science. Students in secondary schools have been enrolling in the liberal arts increasingly more than they have been in the sciences, and finding teaching strategies or models to motivate and guide students in earlier stages towards science is urgent (UNESCO, 2008). One way to reverse achievement and motivational problems could be to foster students' problem solving abilities, which have been found to positively impact students' motivation (e.g. Faessler et al., 2006). Thus, finding strategies and approaches for developing problem solving abilities and experimental strategy knowledge are important for improving Egyptian students' achievement and more effectively motivating for physics classes. In the presented study, a teaching program for problem solving has been developed and evaluated in Egyptian science classes.

Based on a review of methodologies and studies in problem solving, we found that the Klahr and Dunbar model (1988) (SDDS) is a well known psychological model that embraces essential steps for solving a problem in comparison to other models (Emden & Sumfleth, 2012). In addition, SDDS has frequently been taken up by science education researchers and translated into sequences suitable for science classes (cf. Emden & Sumfleth, 2012), but this model is not explicit enough to plan lessons. On the contrary, the Oser and Baeriswyl model provides concrete teaching steps for problem solving processes at school. However, up until now no attempt has been made to use both – the aforementioned psychological model (Klahr & Dunbar) and the practical teaching model (Oser & Baeriswyl) – for teaching problem solving in Egyptian teaching environments. Consequently, Klahr and Dunbar's (1988) model of scientific discovery as dual search (SDDS) was combined with Oser and Baeriswyl's (2001) practical teaching theory into a synthesized model for problem solving. The new model of problem solving has been used to construct the lesson activities of the teaching program. It encourages students to adhere to a specified eight-stage process of identifying and formulating the problem, activating pre-knowledge related to the problem, defining and representing the problem, formulating an expected result (hypotheses), exploring a possible way of solving the problem (variable discrimination), performing the solving process, fixing data and calculating, and finally, looking back to the idea (hypotheses) and evaluating.

The three research questions that guided the evaluation of the teaching program were as follows:

- Does the teaching program based on the problem solving model (within the topic of density and buoyancy), have an impact on students' achievement in terms of problem solving abilities, experimental strategy knowledge and content knowledge?
- Is there an influence of the teaching program on students' motivation?

- Are there effects of the teaching program on students' perceptions about science lessons?

The focus of this study, which is presented in this paper, is on the evaluation of the impact of the teaching program based on learning gains on the students' outcomes and motivation.

Method and sample

From September to October 2011, an intervention study was conducted in a quasi-experimental design with pre- and post-testing (e.g. Shadish, Memphis, Dood & Evanston, 2002). The sample included $n=147$ seventh grade students in a general middle school in the city of Aswan, Egypt during the 2011-2012 school year. The intervention group consisted of 74 students (50% males), while the control group contained 73 students (49.5% males). Both groups showed no significant differences in age, cognitive abilities, background, academic pre-knowledge and teachers' quality of instruction. Two treatments were used with the control and intervention group: the newly developed teaching program was used to teach the intervention group while the control group was taught according to regular teaching method. Both groups were taught by the same teacher (the author, who is a qualified science teacher). To ensure the comparability and quality of teaching in both groups, a second science teacher filled in observer sheets. The study was conducted during a six week-long unit at a middle school in Egypt. The program itself consisted of five double lessons (one per week) which provided content knowledge on the topic "density and buoyancy" and introduced the method of problem solving according to the developed model. Six instruments were developed/ adapted to assess students' problem solving abilities, experimental strategy knowledge, physics achievement, perceptions about science lessons, motivation towards science and, finally, teachers' quality of instruction. The assessment methodology used for these instruments was criterion-referenced. The data were analyzed according to the Rasch model and classical test theory. Intervention and control group students were compared to determine differences in learning outcomes and motivation.

Quality criteria of paper-pencil instruments

Overall, the instruments' items showed satisfying fit criteria on either the pre- or post-time points. The table below provides an overview of the quality criteria:

Instrument	Pre			Post		
	Infit – MNSQ	PR*	IR*	Infit – MNSQ	PR*	IR*
Physics achievement test (21)	.66-1.49	.61	.81	.76-1.39	.80	.92
Problem solving test (62)	.65-1.32	.69	.78	.69-1.29	.90	.83
Experimental strategy knowledge test (34)	.65-1.38	.61	.93	.69-1.22	.77	.91
Motivation questionnaire (55)	.65-1.42	.61	.92	.88-1.28	.79	.87
Perceptions questionnaire (24)	.78-1.38	.68	.81	.84-1.29	.70	.91
Teachers' quality of instruction questionnaire (112)	α^* (CG) = .85			α^* (IG) = .91		

* PR person reliability, IR item reliability, α cronbach alpha

Tab. 1: Reliability and infit value of instruments

Evaluation of the impact of the teaching program

The overarching hypothesis of the presented study assumed that the intervention group would exhibit larger gains in physics achievement, problem solving abilities, experimental strategy knowledge, perceptions about science lessons, and motivation towards science than the control group. To confirm this hypothesis, parametric and non-parametric tests (t -test and Mann-Whitney U -test for independent samples) were used. The results revealed that students in the intervention group performed significantly better with a small and medium

effect size ($.1 < r < .5$ & $.1 < d < .8$) in the aforementioned dependent variables. The following figure illustrates the comparison between control and intervention group on the increased scores of students' dependent variables.

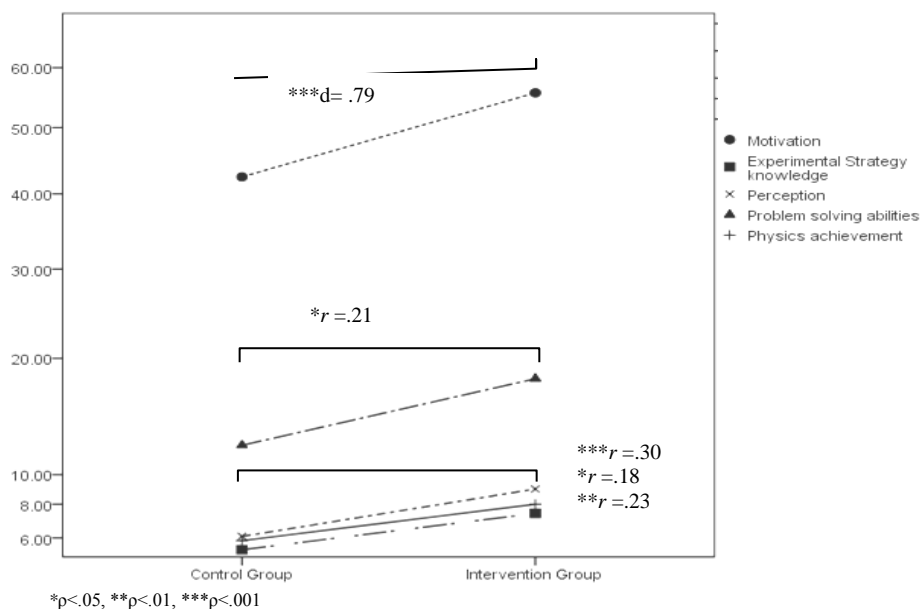


Fig. 1: Comparison between control and intervention group on the increased scores

Conclusions

In summary, the results confirmed a significant impact with a small and medium effect size of the teaching program on students' outcomes. Regarding the small sample size, the generalizability of results is limited. Nevertheless, the presented study provides evidence for a successful teaching program and encourages further research to confirm the presented results on a larger sample. The developed model for problem solving is a promising tool for supporting science teachers in their lesson planning and to foster a more student-centred approach for teaching in Egyptian science classes.

References

- Emden, M. & Sumfleth, E. (2012). Assessing experimental procedures through different formats – a comparative study. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference, Lyon France. Science learning and Citizenship. Part 10: Co-ed. R. Millar. Lyon, France: European Science Education Research Association, 23-29
- Faessler, L., Hinterberger, H., Dahinden, M., Wyss, M. (2006). Evaluating student motivation in constructivistic, problem-based introductory computer science courses. World Conference on E-Learning, Hawaii, 1178. Awarded Paper.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12 (1), 1-48
- Ministry of Education-Egypt (2010). The future vision of pre-university education, (in Arabic), Retrieved (26.08.2012) from: <http://knowledge.moe.gov.eg/Arabic/about/politic/vision/>
- Mullis I.V.S., Martin M.O., Robitaille D.F. & Foy P. (2009). TIMSS 2007 international science report. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College
- Oser, F. K. & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In V. Richardson (Ed.), *AERA's Handbook of research on teaching*. 4th ed.. Washington, DC: American Educational Research Association, 1031-1065
- Shadish, W.R., Memphis, T., Cook, T.D. & Evanston, I. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston, MA: Houghton Mifflin Company
- UNESCO (2008). *Egypt's educational context and the government's education priorities and strategies*, UNESCO Cairo Office – Egypt

Merkmale von Kontexten in Chemie und Physik

Kontext-basierte Unterrichtsansätze sollen den Problemen des traditionellen Chemie- und Physikunterrichts entgegenwirken. Studien haben gezeigt, dass die Problembereiche hauptsächlich affektiver Natur sind und sich außerdem eine mangelnde kognitive Vernetzung andeutet. So geben Lernende die beiden Fächer als ihre unbeliebtesten an (Merzyn, 2008), zeigen im Verlauf der Sekundarstufe I ein sinkendes Interesse (Gräber, 1992; Hoffmann, Häußler, & Lehrke, 1998), im Unterricht dienen Alltag und Erfahrungen der Lernenden nicht als Grundlage für Lernen (Bennett, Gräsel, Parchmann, & Waddington, 2005) und es stehen isolierte Fakten anstatt Zusammenhänge und Wissensanwendung im Vordergrund (Gilbert, 2006). Durch die Implementation kontext-basierter Unterrichtsansätze wird versucht, diesen Problembereichen entgegenzuwirken, indem der Unterricht an Kontexten ansetzt, die das Interesse der Schüler fördern, da sie ihnen persönliche Relevanz zusprechen. Die ausgewählten Situationen sollen Schülern verdeutlichen, dass naturwissenschaftliches Wissen relevant ist, um in der sie umgebenden Welt Probleme zu lösen und Wissen auf beobachtbare Phänomene anzuwenden, um diese erklären zu können (Demuth, Gräsel, Parchmann, & Ralle, 2008). Hierbei wird der Aufbau von Basiskonzepten durch eine regelmäßig wiederkehrende und systematische Bezugnahme gefördert (Parchmann, Ralle, & Demuth, 2000).

Empirische Studien zum Lernen mit Kontexten gehen im Allgemeinen der Frage nach, inwiefern affektive Variablen beeinflusst werden und ob und in welchem Maße das Erlernen fachlichen Wissens möglich ist (Bennett, Lubben, & Hogarth, 2007). Während es Evidenz für den Einfluss auf affektive Variablen, insbesondere das Interesse, an dem jeweiligen Fach gibt, liefern Studien zum Lernerfolg in verschiedenen kontextorientierten Lernumgebungen inkonsistente Ergebnisse. Obwohl Autoren in Übersichtsartikeln methodische Defizite in der Umsetzung der jeweiligen Studien anmahnen (Bennett et al., 2007; Taasoobshirazi & Carr, 2008), die hauptsächlich auf die Validität der eingesetzten Testinstrumente abzielen, kann bei näherer Betrachtung auch eine unterschiedliche Wirkweise der eingesetzten Kontexte als Ursache vermutet werden. Darauf weisen Studien hin, die mehrere Kontexte implementiert und mit kohärent entwickelten Instrumenten getestet haben (Fechner, 2009; Kölbach, 2011).

Um eine Unterschiedlichkeit verschiedener Kontexte im Vergleich differenziert betrachten zu können, muss die Frage geklärt werden, welche Merkmale an einem Kontext aus theoretischer Sicht ausschlaggebend für Interessenentwicklung und Lernerfolg sein können. Das im Rahmen einer universitätsübergreifenden Arbeitsgruppe entstandene Rahmenmodell geht hierbei hauptsächlich auf die Vorarbeiten der Dissertationsprojekte von Helena van Vorst und Alexandra Dorschu zurück. Es verfolgt das Ziel, eine Auswahl von Kontexten für den Unterricht nicht mehr auf rein intuitiver Basis fallen zu müssen, sondern eine Grundlage zu bieten, anhand derer durch empirische Überprüfung Merkmale und ihre Wirkweise beschrieben werden können. Um den Kontext-Begriff in einem ersten Schritt einzugrenzen, wurde in Anlehnung an die Ebenen von Finkelstein (2005) lediglich eine Integration von Kontexten in Lern- und Leistungsaufgaben betrachtet (Abb. 1).

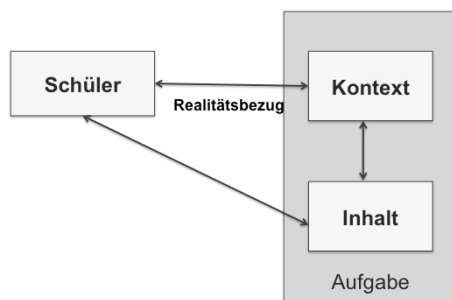


Abb. 1: Kontextaufgabe

Das daraus entstandene Rahmenmodell (Abb. 2) nimmt eine Interaktion von kontextinhärenten Merkmalen (rechte Seite) und den jeweiligen Auswirkungen auf der Seite der Lernenden (linke Seite) an. Um das Merkmal AUTHENTIZITÄT zu beschreiben, bedarf es somit in der eigentlichen Aufgabe einer genauen Beschreibung der Darstellungsform (Zeitungsartikel, erzählte Geschichte etc.) und der Komplexität der Darstellung (z.B. Vernetzung der Elemente, Redundanz). Hierdurch entsteht für die Lernenden die Glaubwürdigkeit des Kontexts.

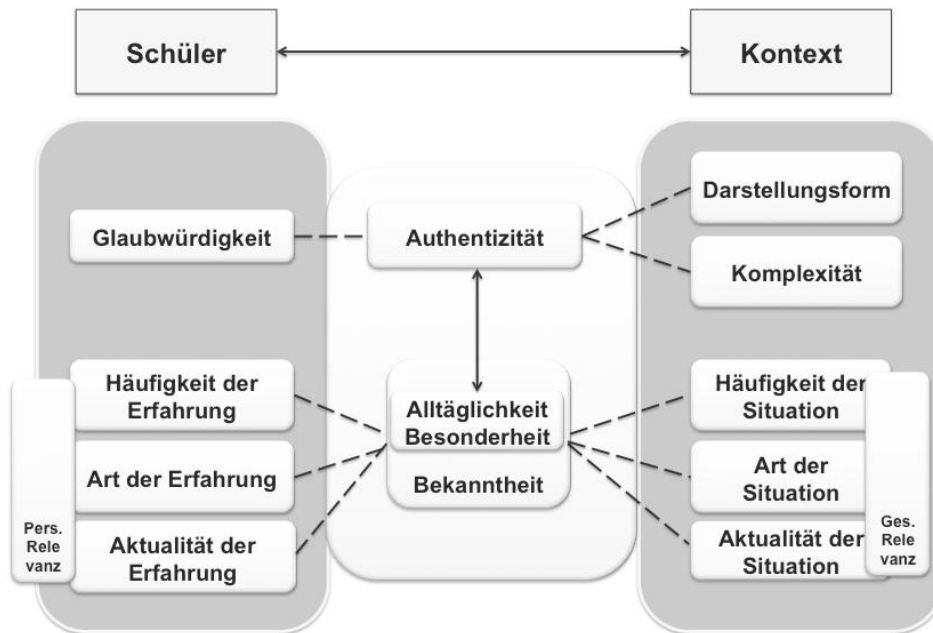


Abb. 2: Rahmenmodell zur Charakterisierung und Systematisierung von Kontexten

Das zweite Hauptmerkmal betrifft die BEKANNTHEIT eines Kontextes. Hier wird die Häufigkeit der Situation (unabhängig vom Individuum), die Art der Darstellung (primär oder sekundär) und die Aktualität der Situation zur Beschreibung des Kontextes in Betracht gezogen. Diese Merkmale des Kontextes können auf der Seite der Lerner nur dann wirksam werden, wenn der individuelle Lerner auch entsprechende Erfahrungen gemacht hat. Diese Erfahrung wird in Bezug auf Häufigkeit, Art und Aktualität eingeschätzt, woraus sich die persönliche Relevanz ergibt. In Zusammenhang mit diesem Merkmal steht die Beschreibung eines Kontextes als alltäglich oder besonders, Merkmale die als dichotom angenommen werden. Die RELEVANZ eines Kontextes wird aufgrund des Rahmens in gesellschaftliche und persönliche Relevanz unterteilt. Obwohl ein Zusammenhang angenommen werden kann, bezieht sich die gesellschaftliche Relevanz auf eine repräsentative Stichprobe, während auf Lernerseite eine individuelle Beschreibung der jeweiligen Lerner bzw. einer Lerngruppe erfolgen muss. Insofern geht das Relevanzmerkmal aus den zuvor beschriebenen Merkmalen der Situations- bzw. Erfahrungscharakterisierung hervor.

Die dargestellten Merkmale können als Grundlage dienen, um in Lernumgebungen und Testaufgaben gezielt einzelne Merkmale eines Kontexts abzufragen und diese in Bezug auf ihre Wirkung auf das Interesse und den Lernerfolg der Lernenden zu setzen. Das

Rahmenmodell ist außerdem darauf ausgelegt, Studien mit unterschiedlichem Schwerpunkt einordnen und miteinander in Beziehung setzen zu können.

Literatur

- Bennett, J., Gräsel, C., Parchmann, I., & Waddington, D. (2005). Context-based and conventional approaches to teaching chemistry: comparing teachers' views. *International Journal of Science Education*, 27 (13), 1521-1547
- 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
- Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I., & Ralle, B. (2008). Chemie im Kontext: Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts. Münster: Waxmann
- Fechner, S. (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos Verlag
- Finkelstein, N. (2005). Learning physics in context: a study of student learning about electricity and magnetism. *International Journal of Science Education*, 27 (10), 1187-1209
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28 (9), 957-976
- Gräber, W. (1992). Untersuchungen zum Schülerinteresse an Chemie und Chemieunterricht. *Chemie in der Schule*, 39 (7/8), 270-273
- Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN
- Kölbach, E. (2011). Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen. Berlin: Logos
- Merzyn, G. (2008). Naturwissenschaften, Mathematik, Technik - immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen. Hohengehren: Schneider Verlag
- Parchmann, I., Ralle, B., & Demuth, R. (2000). Chemie im Kontext - Eine Konzeption zum Aufbau und zur Aktivierung fachsystematischer Strukturen in lebensweltorientierten Fragestellungen. *MNU*, 53 (3), 132-137
- Taasoobshirazi, G., & Carr, M. (2008). A Review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*, 3 (2), 155-167

Helena van Vorst¹
 Sabine Fechner²
 Elke Sumfleth¹

¹Universität Duisburg-Essen
²Leibniz Universität Hannover

Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie

Ausgangslage

Die Ergebnisse großangelegter Untersuchungen wie PISA und TIMSS zur Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenzen von Kindern und Jugendlichen im internationalen Vergleich haben aufgrund der ernüchternden Resultate der deutschen Schülerinnen und Schüler zu einer verstärkten Implementation lebensweltlicher Kontexte in den naturwissenschaftlichen Unterricht geführt. Evaluationsergebnisse hinsichtlich der erzielten Effekte kontextorientierten Lernens konnten dabei vor allem einen positiven Einfluss des Kontexts auf affektive Schülermerkmale nachweisen, während die Effekte auf kognitive Schülerfaktoren bisher noch nicht abschließend geklärt werden konnten (Bennett, 2005). Jedoch macht eine nähere Betrachtung der Ergebnisse einzelner Studien darauf aufmerksam, dass eine deutliche Abhängigkeit zwischen den verwendeten Kontexten und den damit erzielten Effekten besteht (Fechner, 2009; Sjøberg, 2000). Gleichzeitig bleibt innerhalb zahlreicher Veröffentlichungen kontextbasierter Unterrichtseinheiten und Curricula ungeklärt, anhand welcher Kriterien Kontexte für den Unterricht ausgewählt werden.

Aus diesem Grund ist es ein wesentliches Anliegen der vorgestellten Studie, die Eignung einzelner, aus der Literatur herausgearbeiteter Kontextmerkmale zur Beschreibung und Kategorisierung von Kontexten zu überprüfen. Zusätzlich soll die Interessantheit exemplarischer Kontexte auf ihre Merkmalszugehörigkeit zurückgeführt werden.

Kontextmerkmale

In den Veröffentlichungen der unterschiedlichen Kontextprojektgruppen werden zahlreiche Merkmale der verwendeten Kontexte gefordert. Häufig fehlen jedoch eine genaue Definition der entsprechenden Charakteristika sowie eine geeignete Operationalisierung, die eine systematische Merkmalerfassung bzw. merkmalsgerechte Konstruktion neuer Anwendungskontexte für den Unterricht ermöglichen würden. Aus diesem Grund wurde ein Bezugssystem zur Beschreibung und Kategorisierung von Kontexten auf der Grundlage der geforderten Merkmale aus der Literatur entwickelt (van Vorst et al., in Vorbereitung), auf das sich die vorliegende Studie stützt. Das entsprechende Bezugssystem ist in Abbildung 1 dargestellt.

Zentraler Untersuchungsgegenstand dieser Studie sind die Merkmale *Alltagsbezug* und *Besonderheit* sowie die *Aktualität* exemplarischer Kontexte. Während das Merkmal *Alltagsbezug* Objekte der unmittelbaren Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler umfasst, mit denen sie häufig in Kontakt kommen und dadurch zahlreiche eigenständige Erfahrungen sammeln können, beschreibt das Merkmal *Besonderheit* Gegenstände und Handlungen, die nur selten oder gar nicht in der unmittelbaren Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler vorkommen, sodass sie aufgrund mangelnder Primärerfahrungen als fremd und außergewöhnlich wahrgenommen werden. Damit bilden die beiden Merkmale *Alltagsbezug* und *Besonderheit* zwei Pole einer Skala zur Erfassung des Bekanntheitsgrads eines Kontexts. Dieser kann zudem durch die *Aktualität* des behandelten Kontexts beeinflusst werden, welche die Bedeutung eines Objekts für das gegenwärtige Zeitgeschehen abbildet. Diese kann aus einer erhöhten Präsenz in der gegenwärtigen medialen Berichterstattung oder

einem Bezug zur vorherrschenden Jahreszeit bzw. einem unmittelbar bevorstehenden Feiertag resultieren.

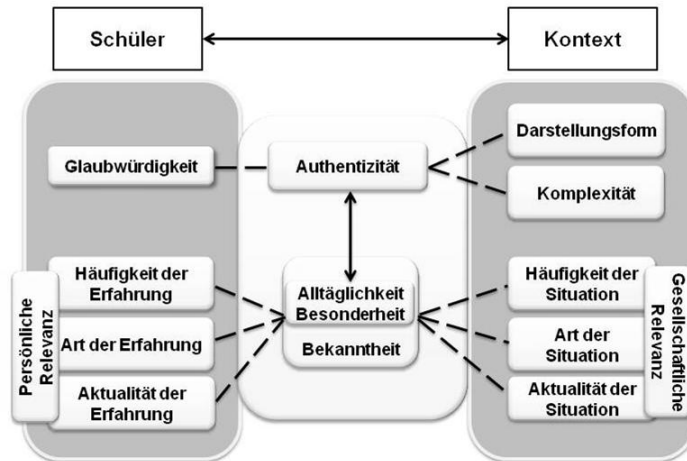


Abb. 1: Bezugsmodell möglicher Kontextmerkmale (van Vorst et al., in Vorbereitung)

Die Realisierung der beschriebenen Merkmale im Unterricht fördert die Authentizität der verwendeten Kontexte und trägt zu einer Implementation gesellschaftlich relevanter Themen bei. Inwiefern dadurch eine persönliche Relevanz und Glaubwürdigkeit auf Schülerseite erzielt werden können, bleibt in Form einer abhängigen Variable zu überprüfen.

Methodik

Um die Eignung der für diese Studie relevanten Kontextmerkmale *Alltagsbezug*, *Besonderheit* und *Aktualität* zur Beschreibung und Kategorisierung von Kontexten zu überprüfen, wurden diese zunächst mithilfe umschreibender Aussagen und adjektivischer Schlüsselwörter operationalisiert und anhand einer Mitarbeiter- und Studierendenbefragung validiert. Die als geeignet eingestuften Aussagen und Schlüsselwörter wurden anschließend in einem Schülerfragebogen zusammengefasst. Zusätzlich wurden 60 Kontexte auf der Grundlage des in Abbildung 2 dargestellten Designs entwickelt. Ihre Merkmalszugehörigkeit wurde in einer Befragung mit 581 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 9 nordrhein-westfälischer Gymnasien unter Zuhilfenahme des Fragebogens, bestehend aus den Aussagen und Schlüsselwörtern überprüft. Neben einer systematischen Variation der Merkmale blieben die Kontexte auf die drei Themenfelder *Natur*, *Hobby/Freizeit/ Sport* und *Verkehrswesen* beschränkt, um mögliche Interesseneffekte auch auf diese Variable zurückführen zu können. Die so erhaltenen Daten sollten zum einen zur Validierung der intendierten Kontextmerkmale genutzt werden und gleichzeitig die Auswahl möglichst merkmalsgerechter Kontexte ermöglichen. Die Interessanztheit der so erhaltenen Kontexte wurde mithilfe einer zweiten Schülerbefragung mit 691 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 9 am Gymnasium erhoben.

		Aktualität	
		Ja	Nein
Alltagsbezug	Besonderheit	15 Kontexte	15 Kontexte
		15 Kontexte	15 Kontexte

Abb. 2: Design zur Kontextkonstruktion

Ergebnisse

Zur Validierung der intendierten Kontextmerkmale *Alltagsbezug* und *Besonderheit* als zwei Pole einer Bekanntheitskala sowie des Merkmals *Aktualität* wurde mithilfe einer Rasch-Analyse die Dimensionalität des verwendeten Fragebogens überprüft. Dabei zeigte sich, dass ein vierdimensionales Modell, welches die Aussagen und Schlüsselwörter zu *Alltagsbezug/Besonderheit* sowie zur *Aktualität* getrennt beinhaltet, die beste Modellpassung aufweist. Die Betrachtung der Korrelationen zwischen den einzelnen Skalen zeigt darüber hinaus, dass die Aussagen und Schlüsselwörter zum Merkmal *Alltagsbezug/Besonderheit* mit $r = .88$ zu einer ähnlichen Einschätzung dieses Merkmals führen. Gleichzeitig verdeutlichen die relativ hohen Korrelationen zwischen den einzelnen Skalen zu *Alltagsbezug/Besonderheit* und der vorgesehenen Zuordnung dieses Merkmals bei der Kontextkonstruktion (Aussagen: $r = .79$; Schlüsselwörter: $r = .74$), dass die Schülerinnen und Schüler eine ähnliche Zuordnung dieses Merkmals vorgenommen haben, wie sie bei der Entwicklung der Kontexte vorgesehen war. Für das Merkmal *Aktualität* zeigen die beiden verwendeten Methoden keine signifikanten Korrelationen ($r = -.17$). Darüber hinaus verdeutlichen die Korrelationen zwischen diesen beiden Skalen und der intendierten Aktualitätszuweisung bei der Kontextkonstruktion, dass die Schlüsselwörter zu einem nur geringen Zusammenhang von $r = .26$ führen, wohingegen die Aussagen eine Korrelation von $r = .59$ erreichen. Aus diesem Grund wurde bei der Auswahl möglichst merkmalsgetreuer Kontexte für das Merkmal *Aktualität* ausschließlich auf die Ergebnisse der Aussagen zurückgegriffen.

Die Ergebnisse der Interessenbefragung machen deutlich, dass die emotionale Komponente des Interessenkonstrukts für Kontexte mit dem Merkmal *Besonderheit* signifikant höher bewertet wird als für Kontexte mit dem Merkmal *Alltagsbezug*. Eine ANCOVA bestätigt zusätzlich, dass das Merkmal *Aktualität* bei der Bewertung der Interessantheit unerheblich ist (*Alltagsbezug/Besonderheit*: $F(1,91) = 9.82$, $p < .01$; *Aktualität*: $F(1,91) = .34$; $p > .10$). Die thematische Zuordnung der Kontexte hinsichtlich der zuvor festgelegten Themenfelder zeigt hier ebenfalls keinen signifikanten Einfluss ($F(2,82) = .48$; $p > .10$). Bei der Betrachtung der wertbezogenen Valenz des Interesses wird jedoch ein signifikanter Effekt des Themenfeldes ersichtlich ($F(2,59) = 4.24$; $p < .05$) sowie eine signifikante Interaktion zwischen Merkmal und Thema ($F(6,59) = 2.77$; $p < .05$). Der Einfluss des Merkmals wird hingegen nicht signifikant. Eine genauere Betrachtung der Ergebnisse macht allerdings deutlich, dass hier vor allem Kontexte des Themenfeldes Verkehrswesen mit den Merkmalen *Alltagsbezug/Besonderheit* eine abweichend hohe Bewertung erfahren. Eine qualitative Betrachtung dieser Kontexte verdeutlicht, dass hier ausschließlich auf mögliche Gefahrenaspekte im Straßenverkehr eingegangen wurde, sodass eine potentielle unmittelbare Betroffenheit der Schülerinnen und Schüler zu dieser Abweichung geführt haben könnte. Bleiben die Kontexte zum *Verkehrswesen* bei der Analyse unberücksichtigt, wird auch für die wertbezogene Valenz nur der Einfluss der Kontextmerkmale signifikant ($F(3,39) = 3.36$; $p < .05$), während der Effekt des Themas verloren geht ($F(1,39) = .98$; $p > .10$).

Literatur

- Bennett, J. (2005). Bringing science to life: The research evidence on teaching science in context. York: University of York, Department of Educational Studies
- Fechner, S. (2009). Effects of context oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 95. Berlin: Logos
- Sjøberg, S. (2000). Science and scientists: The SAS-study: Cross-cultural evidence and perspectives on pupils' interests, experiences and perceptions. Background, Development and Selected Results. Verfügbar unter: <http://folk.uio.no/sveinsj/SASweb.htm>
- Vorst, H. v., Dorschu, A., Fechner, S., Fischer, H. E., Kauertz, A., Krabbe, H., & Sumfleth, E. (in Vorbereitung). Bezugssystem zur Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Alexandra Dorsch¹
 Heiko Krabbe¹
 Alexander Kauertz²
 Hans E. Fischer¹

¹Universität Duisburg-Essen
²Universität Koblenz-Landau

Kontexte in Kompetenztests: schwierigkeiterzeugende Faktoren

Ausgangslage

In Physikaufgaben spielen Kontexte eine bedeutende Rolle (Ralle, 2001). Im Rahmen von PISA werden sie zur Modellierung von Scientific Literacy in Aufgaben eingesetzt (bspw. OECD, 2006). Kontexte sind damit ein Bestandteil der Modellierung von Kompetenz und ihre Effekte auf die Schwierigkeit von Aufgaben sollten für eine valide Kompetenzmessung kontrolliert werden. Allerdings ist der schwierigkeiterzeugende Einfluss von Kontexten in Testaufgaben bisher unbekannt.

Modell für Kontext in Aufgaben

In diesem Projekt wird eine kontextualisierte Aufgabe als Kombination von Kontext und Inhalt gesehen, die mit Eigenschaften des Bearbeiters wechselwirken (Abb. 1). Der Inhalt der Aufgabe lässt sich fachlichen Inhaltsbereichen zuordnen. Die Schüler-Kontext-Beziehung wird durch Bekanntheit und Glaubwürdigkeit der Kontexte bei den Schülern charakterisiert (in Vorb.) und durch das situationale Interesse (Krapp, 1999) der Schüler am Aufgabeninhalt bzw. Kontext. Die Schnittstelle zwischen Kontext und Inhalt bestimmt wesentlich das Lösungsverhalten, da die Schüler die relevanten physikalischen Informationen im Text identifizieren bzw. extrahieren und dann abstrahieren müssen. Diesen Prozess der Extraktion und Abstraktion bezeichnen wir als Transformation. Gemäß der psycholinguistischen Theorie der Situationsmodelle (van Dijk & Kintsch, 1983) wird davon ausgegangen, dass Schüler aus dem Aufgabentext verschiedene mentale Repräsentationen für die Kontextsituation und für die abstraktere physikalische Situation bilden müssen. Dieser Prozess wird durch das Wissen über den Kontext und physikalische Konzepte moderiert. Zwaan und Radvansky (1998) unterscheiden zwischen Situationsmodellen und Konzepten. Die physikalischen Informationen beziehen sich auf generelle Konzepte während die Kontextsituation durch ein spezifisches Situationsmodell repräsentiert wird. Das Identifizieren und Extrahieren von Informationen hängt von der Komplexität der Kontextsituation ab und somit auch die Bildung eines Situationsmodells. In einer textlich gegebenen Kontextsituation kann deren Komplexität durch die Situation ausschmückende Füllsätze ohne physikalischen Inhalt erhöht werden, ohne die physikalischen Konzepte zu ändern. So kann die Bildung des Situationsmodells erschwert und die notwendige Extraktionsleistung erhöht werden. Da physikalische Konzepte in fachsprachlichen Termini verankert sind, sollte das Abrufen der physikalischen Konzepte bei Aufgaben in Fachsprache leichter fallen als in Alltagssprache. Dementsprechend sollten alltagsprachliche Aufgaben eine höhere Abstraktionsleistung erfordern. Es ergeben sich folgende Forschungsfragen und Hypothesen:

- Welchen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit besitzt der Kontext?

Bzgl. der Transformation:

H1a: Aufgaben in Fachsprache sind einfacher als solche in Alltagssprache.

H1b: Aufgaben ohne Füllsätze sind leichter als solche mit.

Bzgl. der Situation:

H1c: Die mittlere Schwierigkeit der Aufgaben ist unabhängig von den Situationen, wenn diese die gleiche Interessantheit, Bekanntheit und Glaubwürdigkeit besitzen.

- Welchen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit besitzt der Inhaltsbereich?

H2: Die mittlere Schwierigkeit der Aufgaben ist unabhängig vom Inhaltsbereich.

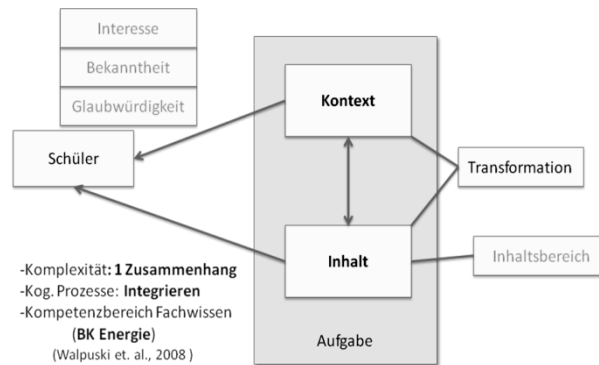


Abb. 1: Modell für Kontext in Aufgaben

Methode/Instrumente

Im Rahmen einer ersten Studie wurden vier Kontexte gleichen Interesses, gleicher Bekanntheit und Glaubwürdigkeit bestimmt (Dorschu, 2011), um den Einfluss der Schüler-Kontext-Beziehung zu minimieren. Zusätzlich wurde die Schüler-Inhaltsbeziehung durch Verwendung einer Zelle im ESNaS-Modell (Walpuski, 2008) einheitlich modelliert (s. Abb. 1). In der zweiten Studie konnte so systematisch der Einfluss von Transformation und Inhaltsbereich auf die Aufgabenschwierigkeit untersucht werden. Dazu wurde ein Kompetenztest konstruiert, in dem die Aufgabenstämme systematisch in der zur Lösung geforderten Transformation variieren (s. Tab. 1).

Fachsprache mit Füllsätzen	Synonyme in Alltagssprache mit Füllsätzen
Fachsprache ohne Füllsätze	Synonyme in Alltagssprache ohne Füllsätze

Tab. 1: Systematische Variation der Variable Transformation

Zu jedem Kontext mit variierenden Aufgabenstämmen wurden 15 Items konstruiert, jeweils 5 zu jedem Inhaltsbereich (Mechanik, Wärmelehre, E-lehre). Alle Aufgaben wurden im Multimatrix-Design auf 16 Testhefte verteilt. Jeder Schüler erhielt 2 Kontexte mit unterschiedlicher Variation der Transformation im Aufgabenstamm und alle 15 dazugehörigen Aufgaben. Die Studie fand in 40 Klassen der 10. Jahrgangsstufe in Nordrhein-Westfalen an Gymnasien, Gesamtschulen und Realschulen statt. Die Schüler hatten ein durchschnittliches Alter von 15.81 ± 0.75 Jahre.

Ergebnisse

Der Kompetenztest wurde mit WINSTEPS (Linacre, 2010) Rasch skaliert, um die Itemschwierigkeiten und die Testgüte zu ermitteln. Die Raschreliabilitäten sind zufriedenstellend mit $\alpha_{\text{Person}} = .69$ und $\alpha_{\text{Items}} = .91$. Alle anderen Tests und Fragebögen wiesen ebenfalls zufriedenstellende Reliabilitäten ($0.59 < \alpha_{\text{Person}} < .89$) auf.

Nach der Raschskalierung des Kompetenztests wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) mit den bestimmten Itemschwierigkeiten durchgeführt. Weder die Fachsprache/Synonyme in Alltagssprache ($F_{(1,214)} = 0.192$, $p = .662$) noch die Füllsätze ($F_{(1,214)} = 0.176$, $p = .675$) hatten einen Einfluss auf die Itemschwierigkeiten. Somit mussten die Hypothesen *H1a* und *H1b* beide abgelehnt und die Nullhypothesen beibehalten werden.

Eine weitere ANOVA zeigt, dass der Kontext selbst Schwierigkeit in den Items aufklärt ($F_{(3,212)} = 4.620$, $p = .004$). Der Kontexteinfluss auf den Lernzuwachs und das Interesse ist konsistent mit Ergebnissen aus anderen Projekten (Fechner, 2009). Allerdings muss somit auch Hypothese *H1c* verneint werden, da es durch die Vorauswahl der Kontexte nach gleicher nicht gelungen ist, dessen Einfluss zu verhindern.

Es zeigt sich ebenfalls in einer ANOVA, dass der Inhaltsbereich einen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit hat ($F_{(2,213)} = 8.132$, $p < .001$, $\eta_{\text{part}}^2 = .07$). Der LSD Post-hoc Test zeigt, dass die Elektrizitätsitems auf einem 5% Niveau signifikant schwieriger sind als Mechanik und Wärmelehre (s. Abb. 2). Damit lässt sich auch $H2$ nicht bestätigen.

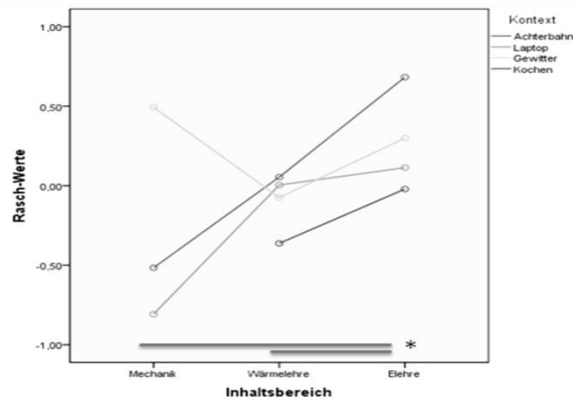


Abb. 2: Aufgabenschwierigkeiten (logits der Raschskalierung) für die Inhaltsbereiche und Kontexte

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Merkmale von Kontextaufgaben auf ihren schwierigkeiterzeugenden Einfluss untersucht. Die eingesetzten Instrumente erlaubten eine reliable Messung. Es zeigte sich, dass die Transformation, operationalisiert über die Variation von Fach- und Alltagssprache und zusätzliche Füllsätze, keinen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit hatte. Dies legt im Rahmen der Theorie der Situationsmodelle den Schluss nahe, dass das Situationsmodell einer solch kurzen kontextualisierten Aufgabe immer gleich gut gebildet werden kann und dies nicht durch Variation der Komplexität erschwert wird. Es hat sich zudem gezeigt, dass sowohl der Inhaltsbereich als auch die Kontextsituation einen schwierigkeiterzeugenden Einfluss hatten. In weiteren Studien müsste geklärt werden, worauf der Einfluss der Kontexte zurückzuführen ist. Vermutlich muss die Situation mit weiteren Merkmalen beschrieben werden, die bisher unberücksichtigt geblieben sind, wie beispielsweise ihre Abstraktheit oder Relevanz.

Literatur

- Dorschu, A., Krabbe, H., Kauertz, A., Fischer, H. E. (2011). Kontexte in Kompetenztests: Auswahl und Charakterisierung. In Bernholt, S. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht (S. 173-175), Berlin: Lit.
- Fechner, S. (2009). Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education. Dissertation, Duisburg-Essen.
- Krapp, A. (1999). Interest, motivation and learning: An educational-psychological perspective. *European Journal of Psychology of Education*, 23-40.
- Linacre, J. M. (2010). A user's Guide to Winsteps. www.winsteps.com.
- OECD. (2006). PISA 2006-Schülerleistungen im internationalen Vergleich. Abgerufen am 09. 02 2009 von http://pisa.ipn.uni-kiel.de/pisa2006/PISA-2006_Broschuere.pdf
- Ralle, B. (2001). Eine veränderte Aufgabenkultur als Herausforderung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 54 (7).
- Van Dyk, T.A., Kintsch, W. (1983). *Strategies in discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- Walpuski, M., Kampa, N., Kauertz, A., & Wellnitz, N. (2008). Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. *Mathematisch und Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 6, 223–226
- Zwaan, R.A. & Radvansky, G.A. (1998). Situation models in language comprehension and memory. *Psychological Bulletin* 123(2), 162-185

Allgemeine Relativitätstheorie in der Schule

Kurzfassung

Im Rahmen des Schülerlabors „Raumzeitwerkstatt“ bieten wir Workshops zur Einführung in die Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie auf Schulniveau an. Dabei setzen wir neuartiges, in unserer Arbeitsgruppe entwickeltes Unterrichtsmaterial ein. In den Workshops wird mit zwei- und dreidimensionalen Modellen gearbeitet, welche die TeilnehmerInnen aus Bauvorlagen selbst bauen und an denen sie Messungen ausführen und Vorhersagen der Theorie konstruieren. Die mathematische Formulierung, die über Schulmathematik weit hinausgeht, wird dabei durch geometrische Anschauung und zeichnerische Lösungen ersetzt. Die Themen der Workshops reichen von der relativistischen Beschreibung der Gravitation als Raumzeitkrümmung bis hin zu Schwarzen Löchern, Neutronensternen, Wurmlöchern und dem expandierenden Universum.

Nähere Informationen und Kontakt: www.raumzeitwerkstatt.de.

Einleitung

Das Ziel unseres Projektes „Allgemeine Relativitätstheorie für die Schule“ ist die Elementarisierung der Allgemeinen Relativitätstheorie. Die praktische Anwendung und Evaluierung der entwickelten Unterrichtsmaterialien findet im Rahmen von Workshops in unserem Schülerlabor Raumzeitwerkstatt (s. Kraus & Zahn, 2010 und den Beitrag von Ute Kraus in diesem Tagungsband) und auf externen Fortbildungsveranstaltungen statt. Sie richten sich an die oberen Klassenstufen (ab 10. Klasse) sowie an Lehrkräfte und Astronomieinteressierte. Desweiteren stellen wir unser Material auf unserer Web-Site www.tempolimitlichtgeschwindigkeit.de kostenfrei für Unterrichtszwecke zur Verfügung.

Relativitätstheorie in der Schule?

Auch wenn die Relativitätstheorie wenig Raum in den Kerncurricula für die Schule einnimmt, halten wir eine Einbeziehung ihrer Grundlagen in den Schulunterricht trotzdem für wichtig:

- Es geht um grundlegende Konzepte unseres Alltags, Raum und Zeit, und trifft damit auch das philosophische Interesse der Schüler und Schülerinnen
- Sie ist ein sehr aktuelles Forschungsthema (Astrophysik, Kosmologie)
- Die Relativitätstheorie mit ihren Anwendungen ist sehr präsent in den Medien: Einstein, Schwarze Löcher, LHC, Science Fiction, ...
- Fehlvorstellungen sind weit verbreitet (gerade in den Medien)
- Untersuchungen zeigen, dass Astronomie eines der wenigen Teilgebiete der Physik ist, die auch Mädchen ansprechen

Pilotprojekt: „Wir basteln ein Schwarzes Loch“

Im Rahmen des Einsteinjahres entwickelten wir ein Arbeitsheft (Zahn & Kraus, 2004; Kraus & Zahn, 2005) mit einem neuartigen Zugang zur Allgemeinen Relativitätstheorie. Es enthält, eingebettet in eine Rahmengeschichte über eine fiktive Expedition zu einem Schwarzen Loch, einen anschaulichen Zugang zum Begriff des „gekrümmten Raums“, der die Grundlage der Allgemeinen Relativitätstheorie bildet. Ein dreidimensionales Modell des gekrümmten Raums kann mit dem Heft beiliegenden Bastelbögen selbst gebaut und erforscht werden. Von diesem Arbeitsheft wurden bisher etwa 1000 Exemplare verkauft. Es ist darüber hinaus kostenlos zum Download erhältlich und wurde bisher über 15000 Mal heruntergeladen. Die

in die Entwicklung des Arbeitshefts eng eingebundene Evaluation bestand aus qualitativen Interviews, Anwendungen in Schulworkshops und Lehrerfortbildungen.

Aktueller Stand

Inzwischen haben wir unser Arbeitsmaterial um weitere Themen wie Gravitationswellen, Wurmlöcher oder das expandierende Universum erweitert. Es wird eingesetzt

- im Schülerlabor Raumzeitwerkstatt.

- auf Lehrerfortbildungen,

- sowie in der universitären Lehre in unserer einsemestrigen Pflichtveranstaltung „Relativitätstheorie und Kosmologie“ (Realschullehrerbildung, 5. Semester).

Zur Evaluation führen wir mit ausgewählten Testpersonen (Fachleute/Zielgruppe) qualitative Interviews durch („Thinking Aloud“), beobachten Gruppenarbeit in unseren Workshops und werten Klausuren aus dem Einsatz in der eigenen Lehre aus.

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass unser Arbeitsmaterial es erlaubt, auf Schulniveau Themen zu behandeln, die sonst erst im Physikhauptstudium ansprechbar wären.

Hintergrund

Die Allgemeine Relativitätstheorie gilt als schwierig und dem Schulunterricht nicht zugänglich. Wenn man an den mathematischen Hintergrund denkt, der im Hochschulstudium zu diesem Thema vermittelt wird, stimmt das sicher. Die Grundidee der Allgemeinen Relativitätstheorie kann jedoch recht einfach zusammengefasst werden:

Matter tells space how to curve.

Space tells matter how to move.

(John Wheeler)

Die Materie krümmt den Raum (genauer die Raumzeit) und die gekrümmte Raumzeit bestimmt die Bewegung der Materie.

Daraus ergeben sich direkt drei Fragen:

-Was ist denn eigentlich ein gekrümmter Raum? Eine gekrümmte Fläche kann man sich noch ganz gut vorstellen, aber einen gekrümmten Raum? Mathematisch wird dies durch den Riemann-Tensor beschrieben.

-Wie genau bewegt sich ein Körper unter dem Einfluss der Gravitation? Um dies zu berechnen müssen die Geodätengleichungen, vier gekoppelte Differentialgleichungen zweiter Ordnung, gelöst werden.

-Wie hängen die Materieverteilung und die Raumzeitkrümmung zusammen? Dies wird durch die Einsteinschen Feldgleichungen ausgedrückt (10 nichtlineare, gekoppelte, partielle Differentialgleichungen).

Die mathematische Behandlung dieser drei „einfachen“ Fragen überschreitet bei Weitem die Möglichkeiten der Schulmathematik. Hier etwas Schultaugliches herauszuziehen, das über die üblichen Analogien hinausgeht, erscheint auf den ersten Blick aussichtslos.

Andererseits ist die Allgemeine Relativitätstheorie eine geometrische Theorie und damit der geometrischen Anschauung zugänglich. Unser neu entwickeltes Unterrichtsmaterial stellt diesen geometrischen Aspekt in den Mittelpunkt und kommt fast ohne Mathematik aus. Stattdessen setzen wir auf geometrische Anschauung und das Selbstkonstruieren und Basteln von Modellen (Zahn & Kraus, 2010).

Workshops im Schülerlabor

Unser Angebot an Workshops umfasst folgende Themen:

- „Wir basteln ein Schwarzes Loch“ – Schwarze Löcher und gekrümmte Räume
- „Licht auf krummen Wegen?“ – Lichtablenkung im Schwerfeld, Gravitationslinsen, Geodäten
- „Wie Materie den Raum krümmt“ – Neutronensterne und die Feldgleichungen
- „Gravitationswellen“ – Was wellt sich da?
- „Flug durch ein Wurmloch“
- „Newton vs. Einstein“ – Wurfparabel, Gravitationsrotverschiebung
- „Das expandierende Universum“

Je nachdem, wie viel Zeit zur Verfügung steht, kann man in etwa einer Stunde einen Einblick in den Begriff des gekrümmten Raums geben, an einem Nachmittag Geodäten und Lichtablenkung hinzunehmen und in etwa einem ganzen Tag oder zwei Nachmittagen mit den Feldgleichungen eine Kompletttour durch die Allgemeine Relativitätstheorie machen. Als Vertiefung sind die weiteren Themen gedacht, die in den Rahmen einer Projektwoche oder Lehrerfortbildung passen können.

Nähere Infos, Termine, Kontaktadresse sind auf unserer Webseite

www.raumzeitwerkstatt.de

zu finden.

Literatur

- Kraus, U. & Zahn, C. (2005). Wir basteln ein Schwarzes Loch – Unterrichtsmaterialien zur Allgemeinen Relativitätstheorie. Praxis der Naturwissenschaften Physik, Didaktik der Relativitätstheorien, 4 (54), 38-43
- Kraus, U. & Zahn, C. (2010). Das Schülerlabor „Raumzeitwerkstatt“ an der Universität Hildesheim, Tagungsbeitrag zur Frühjahrstagung Didaktik der Physik, Hannover 2010
- Zahn, C. & Kraus, U. (2004). Wir basteln ein Schwarzes Loch, Arbeitsheft mit Bastelbögen, 2004 (nur Direktvertrieb) oder online URL: <http://www.tempolimit-lichtgeschwindigkeit.de/raum/raum.html>
- Zahn, C. & Kraus, U. (2010): Workshops zur Allgemeinen Relativitätstheorie im Schülerlabor „Raumzeitwerkstatt“, Tagungsbeitrag zur Frühjahrstagung Didaktik der Physik, Hannover 2010

Die Raumzeit-Algebra der (3 x 3)-Matrizen

In diesem Beitrag wird gezeigt, wie physikalische Sachverhalte (hier konkret am Beispiel der Speziellen Relativitätstheorie) ohne die Nutzung negativer Zahlen mathematisch dargestellt und modelliert werden können. Dies ist ein Gedankenspiel, das so unrealistisch nicht sein mag. So merkt Hodgkin über die frühe chinesische Mathematik an: „The Chinese from an early period were quite happy with negative numbers, as Westerners were not. [...] If Indians or Westerners ‘borrowed’ the idea of negative numbers at some much later date, they made more heavy weather of it“ (Hodgkin, 2005, S. 88). Wir Europäer haben uns also mit der Einführung der negativen Zahlen „fürchterlich angestellt“. Stellen wir uns nun im ersten Teil des Gedankenspiels vor, die Menschheit hätte sich insgesamt so fürchterlich wie die Europäer angestellt und die negativen Zahlen nicht erfunden.

Im zweiten Teil des Gedankenspiels rückt ein anderer Aspekt der alt-chinesischen Mathematik ins Zentrum: „Bemerkenswert ist: Systeme linearer Gleichungen kommen in allen Kulturen vor. Aber allgemeine, auf jedes beliebige Gleichungssystem anwendbare Verfahren sind nur von den Chinesen und den Indern angegeben worden“ (Gericke, 1992, S. 178). Dies zeigt, dass Matrizen oder „an equivalent of what we call matrices“ (Hodgkin, 2005, S. 88) in einigen mathematischen Kulturen fast ebenso früh wie negative Zahlen zur Verfügung standen.¹ Wären diese aber nicht erfunden worden, ist eine Welt, in der das, was wir mit negativen Zahlen mathematisch heute so alles machen, durch rein positiv belegte Matrizen ausdrücken müssten, durchaus denkbar. Diese Welt ist die Welt der S_3 -Permutationsalgebra.

S_3 -Permutationsalgebra

Die folgenden drei rein positiv belegten (3 x 3)-Matrizen können im Kontext der Geometrischen Algebra (Hestenes, 2003; Doran & Lasenby, 2003) als Einheitsvektoren gedeutet werden, die in einer Ebene liegen und jeweils einen Winkel von 120° einschließen (Horn, 2012):

$$e_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad e_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad e_3 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{mit } e_1^2 = e_2^2 = e_3^2 = e_0$$

Die drei Einheitsvektoren sind links in Abbildung 1 dargestellt. Ihr Quadrat ergibt die Einheitsmatrix e_0 , die den Skalar des Betrags eins repräsentiert. Wählt man e_1 als Basisvektor e_x in x-Richtung, so kann ein zweiter Basisvektor e_y (siehe rechte Skizze in Abbildung 1) durch

$$e_y = \frac{1}{\sqrt{3}}(e_1 + 2e_2) = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

konstruiert werden. Dies ist tatsächlich ein Einheitsvektor, da das Quadrat dieses Vektors

$$e_y^2 = \frac{1}{3}(e_1 + 2e_2)^2 = \frac{1}{3}(5e_0 + 2e_1e_2 + 2e_2e_1) = \frac{1}{3}(3e_0 + 2e_1 + 2e_2 + 2e_3) = \frac{1}{3}(3e_0 + 2N) = e_0$$

¹ Die genaue Datierung ist unsicher. Das „Chiu Chang Suan Shu“, das einen ähnlich starken Einfluss auf die mathematische Kultur Chinas der vergangenen zweitausend Jahre ausübte wie dies Euklids „Elemente“ im europäisch-islamischen Raum taten (Hodgkin 2005, S. 82), entstand zwischen 200 v.Chr. und 300 n.Chr. durch Zusammenfügen älterer, verloren gegangener Manuskripte (Wußing 2008, S. 55).

ergibt. Bei dieser Umformung muss berücksichtigt werden, dass die auf jeder Position mit dem Wert 1 belegte Matrix N der Nullmatrix entspricht, da der Weg über die drei Schritte $N = e_1 + e_2 + e_3 = e_0 + e_1e_2 + e_2e_1$ zum Ausgangspunkt zurückführt (siehe mittlere Skizze in Abbildung 1). Auch die Matrix N repräsentiert das neutrale Element bezüglich der Addition.

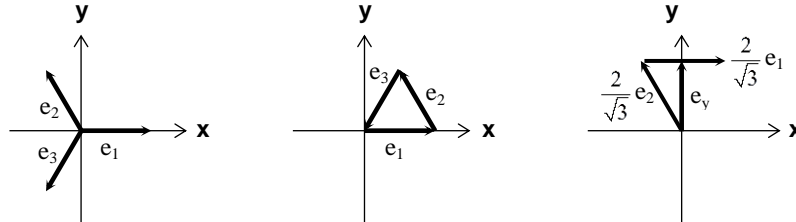


Abb.1: Die drei Einheitsvektoren e_1 , e_2 und e_3 (links) ergeben in ihrer Summe den Nullvektor (mitte) und erlauben die Konstruktion des Basisvektors e_y (rechts).

Aus der Matrix N kann nun direkt eine ungewöhnliche mathematische Eigenschaft abgelesen werden. Da e_0 ein Skalar des Betrags eins repräsentiert, muss der Term $\Theta = e_1e_2 + e_2e_1$, der e_0 zu N ergänzt und hier mit dem Latex-Symbol \ominus abgekürzt wird, der (3×3) -Matrix entsprechen, die genau die Wirkung des Skalars „minus eins“ hat. Dies ist erstaunlich: Θ ist eine Matrix, die auf der Hauptdiagonalen Werte von Null aufweist und auf allen anderen Positionen den Wert 1. Ohne die Nutzung eines Minuszeichens gelingt es, durch eine rein positiv belegte Matrix den Skalar „minus eins“ algebraisch darzustellen.

Damit kann nun auch die Anti-Kommutativität der beiden Basisvektoren e_x und e_y und damit ihre Orthogonalität nachgewiesen werden, denn es gilt: $e_xe_y = (e_1e_2 + e_2e_1) e_ye_x = \Theta e_ye_x$.

Konstruktion einer raumzeitlichen Metrik

Seit Einstein wissen wir: „Wir haben vielmehr im Auge zu behalten, dass die zeitliche Koordinate ganz anders physikalisch definiert ist als die räumlichen Koordinaten. Ferner zeigen die Relationen [...] eine Verschiedenheit der Rolle der Zeitkoordinate mit den räumlichen Koordinaten, indem die Glieder Δt^2 das umgekehrte Zeichen haben wie die räumlichen Glieder“ (Einstein, 1990, S. 34). Dieses umgekehrte Vorzeichen wird in der vierdimensionalen Raumzeit-Algebra durch die Wahl von Dirac-Matrizen als Basisvektoren generiert. Im Rahmen des zweidimensionalen Falls gelingt diese Modellierung auch mit Pauli-Matrizen. Werden nicht $\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ und $\sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$, sondern $\sigma_x = \sigma_x\sigma_z = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ und $\sigma_t = \sigma_z$ als

(2×2) -Basisvektoren gewählt, ergibt sich eine raumzeitliche Struktur dieser modifizierten Pauli-Matrizen, die das gewünschte hyperbolische Verhalten von Raum mit $\sigma_x^2 = -1$ und Zeit mit $\sigma_t^2 = 1$ zeigen. Zur Konstruktion einer raumzeitlichen Metrik muss im zweidimensionalen Fall also lediglich ein Basis-Bivektor als Basisvektor herangezogen werden.

Da es nur auf das algebraische Verhalten der mathematischen Größen ankommt, kann dieses Vorgehen direkt auf Permutationsmatrizen übertragen werden. Die beiden (3×3) -Matrizen

$$\mathbf{e}_t = \mathbf{e}_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \mathbf{e}_x = \frac{1}{\sqrt{3}}(e_0 + 2e_2e_1) = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

stellen somit die gesuchten Basisvektoren einer zweidimensionalen Raumzeit dar.

Tatsächlich zeigt sich die gewünschte hyperbolische Metrik bei Quadratur dieser Matrizen:

$$\mathbf{e}_t^2 = \mathbf{e}_0 \quad \text{und} \quad \mathbf{e}_x^2 = \frac{1}{3}(\mathbf{e}_0 + 2\mathbf{e}_2\mathbf{e}_1)^2 = \frac{1}{3}(\mathbf{e}_0 + 4\mathbf{e}_1\mathbf{e}_2 + 4\mathbf{e}_2\mathbf{e}_1) = \frac{1}{3}(N + 3\Theta) = \Theta$$

Aufgabenbeispiel

Zur Veranschaulichung dieses mathematischen Ansatzes wird die Beispielaufgabe zur Zeitdilatation aus (Horn, 2009, S. 457) in die Schreibweise der S_3 -Permutationsalgebra übertragen, wobei sich die Berechnung der durch den Beobachter gemessenen Zeit nicht ändert.

Im Inertialsystem eines Beobachters bewegt sich ein Flugobjekt mit konstanter Geschwindigkeit von der Position $\mathbf{r}_1 = 90 \text{ km } \mathbf{e}_t + 10 \text{ km } \mathbf{e}_x$ zur Position $\mathbf{r}_2 = 95 \text{ km } \mathbf{e}_t + 14 \text{ km } \mathbf{e}_x$.

Welche Zeit vergeht während dieses Flugs für den Piloten des Flugobjekts?

Lösungsansatz: Konstanz des Raumzeit-Intervalls $\Delta \mathbf{r}^2 = \Delta \mathbf{r}'^2$

$$(5 \text{ km } \mathbf{e}_t + 4 \text{ km } \mathbf{e}_x)^2 = (\Delta ct' \mathbf{e}_t + 0 \text{ km } \mathbf{e}_x)^2$$

$$25 \text{ km}^2 \mathbf{e}_t^2 + 20 \text{ km}^2 \mathbf{e}_t \mathbf{e}_x + \Theta 20 \text{ km}^2 \mathbf{e}_t \mathbf{e}_x + 16 \text{ km}^2 \mathbf{e}_x^2 = (\Delta ct')^2 \mathbf{e}_t^2$$

$$25 \text{ km}^2 \mathbf{e}_0 + \Theta 16 \text{ km}^2 \mathbf{e}_0 = 9 \text{ km}^2 \mathbf{e}_0 = (\Delta ct')^2 \mathbf{e}_0$$

$$\Rightarrow \text{Für den Piloten des Flugobjektes vergehen nur } t' = \frac{\Delta(ct')}{c} = \frac{3 \text{ km}}{300\,000 \text{ km/s}} = 10 \text{ } \mu\text{s},$$

während für den Beobachter während des gleichen Vorgangs $16,7 \text{ } \mu\text{s}$ vergehen.

Abb.2: Aufgabenbeispiel zur Zeitdilatation in der S_3 -Permutationsalgebra.

In dieser Darstellung besteht der einzige wesentliche Unterschied zur Pauli-Algebra darin, dass jede Negativität durch die (3×3) -Matrix \ominus ausgedrückt wird. Minuszeichen sind in der Rechnung nicht enthalten. Fazit: Negative Zahlen sind vielleicht hilfreich, aber nicht zwingend notwendig. Dieser alternative Ansatz eröffnet neue Sichtweisen auf die mathematische Modellierung unserer Welt und gestattet im Bereich des hochschulischen Physiklernens die Herausbildung eines metakonzeptuellen Verständnisses, indem er neben konventionelle Zugänge gestellt und diskutiert wird.

Ausblick

Wir leben in einer vier- und nicht in einer zweidimensionalen Raumzeit. Es stellt sich somit die Frage, wie höherdimensionale Räume durch positiv belegte Matrizen modelliert werden können. Ein Ansatz ist, diese Modellierung in Analogie zu Horn (2012d) mit Hilfe des Zehfuß-Kronecker-Produkts (bzw. Tensorprodukts oder direkten Produkts) vorzunehmen. In diesem Fall wird eine vierdimensionale Raumzeit durch rein positiv belegte (9×9) -Matrizen zu beschreiben sein. Es kann also auch hier auf Minuszeichen verzichtet werden.

Literatur

- Doran, C. & Lasenby, A. (2003). Geometric Algebra for Physicists. Cambridge: Cambridge University Press
 Einstein, A. (1990). Grundzüge der Relativitätstheorie. 6. Auflage. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg Verlag
 Gericke, H. (1992). Mathematik in Antike und Orient. Sonderausgabe Teil I. Wiesbaden: Fourier Verlag
 Hestenes, D. (2003). Reforming the Mathematical Language of Physics. Am. J. of Phys., 71 (2), 104-121
 Hodgkin, L. (2005). A History of Mathematics. From Mesopotamia to Modernity. Oxford: Oxford Univ. Press
 Horn, M.E. (2009). Vom Raum zur Raumzeit. GDCP-Jahrestagung Schwäbisch Gmünd: LIT-Verlag, 455-457
 Horn, M.E. (2012a). Die Geometrische Algebra der (3×3) -Matrizen, GDM-Jahrestagung Weingarten: WTM
 Horn, M.E. (2012b). Eine andere Geometrische Algebra. Beitrag 7.2 zur DPG-Jahrestagung Mainz: Phydid B
 Horn, M.E. (2012c). Geometric Algebra of Quarks. Digital Proceedings. La Rochelle: AGACSE 2012
 Horn, M.E. (2012d). Living in a World Without Imaginaries. IOP Publishing, J. Phys., Conf. Ser. 380 012006
 Wußing, H. (2008). 6000 Jahre Mathematik. Bd. 1: Von den Anfängen bis Leibniz u. Newton. Berlin: Springer

Livebild & Funktionsgraph – Echtzeitüberlagerung beim Experimentieren

Die Idee

Multimedia bietet neue Möglichkeiten – auch für klassische Experimente. Daher wurde der Schulversuch zur Ablenkung eines Elektronenstrahls im E-Feld eines Plattenkondensators als Remotely Controlled Laboratory (RCL) und als Interaktives Bildschirmexperiment (IBE) realisiert. Zur Steuerung des Experiments wurde eine Weboberfläche entworfen, die u.a. eine Überlagerung eines berechneten Funktionsgraphen über das aktuelle, im Experiment aufgezeichnete Bild des Elektronenstrahls ermöglicht. Die Verknüpfung zwischen dem Livebild des Experiments und dem Funktionsgraphen, der die Bahnkurve theoretisch beschreibt, ist eine vielversprechende Möglichkeit, verschiedene Repräsentationsformen aktiv zu nutzen. Diese sollen den Lernenden beim Mathematisierungsprozess unterstützen.

Die Vorstudie mithilfe eines Eyetrackers untersuchte die Nutzerinteraktionen mit der Weboberfläche und die Blickverweildauer auf einzelnen Elementen, um die Nutzung der unterschiedlichen Repräsentationsformen zu überprüfen.

Theoretische Grundlage

Selbständiges Experimentieren: Viele Lernende stellt eigenständiges Experimentieren vor zahlreiche Schwierigkeiten. Diese lassen sich vor allem vier Bereichen zuordnen: Hypothesenbildung, Entwicklung und Durchführung eines geeigneten Experimentes, Interpretation von Daten und Regulation des eigenen Lernens (de Jong & van Joolingen, 1998). Dennoch ist das weitgehend selbstständige Experimentieren eine Kompetenz, die die Physiklehrpläne gleich an mehreren Stellen explizit fordern.

Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, müssen die Schüler zunächst in ihrem Experimentierprozess unterstützt werden. Dazu gibt es eine Vielzahl von Hilfen, die den Lernenden durch den Einsatz von Multimedien besonders einfach angeboten werden kann. Diese Hilfen lassen sich in der Regel einem der folgenden Felder zuordnen (Fund, 2007):

- Strukturelle Hilfen, die eine Orientierung über den aktuellen Standpunkt im Experimentierprozess geben
- Reflektive Hilfen, die den Lerner dazu veranlassen, über sein eigenes Vorgehen und Handeln nachzudenken und es gegebenenfalls zu verändern
- Inhaltsspezifische Hilfen, die Unterstützung bei fachlichen Schwierigkeiten bieten
- Vernetzungshilfen, die Lernende unterstützen, Verknüpfungen zwischen bereits vorhandenem und neu erworbenem Wissen zu ziehen.

Multiple Repräsentationen: Der Einsatz von multiplen Repräsentationen kann sinnvoll sein, da jede Repräsentationsform ihre speziellen Stärken hat und nur bestimmte Aspekte besonders gut darstellt. Für eine umfassende Darstellung benötigt man also in der Regel mehrere Repräsentationen. Diese muss der Betrachter miteinander in Verbindung bringen und ineinander übersetzen, was die Verarbeitungstiefe erhöht (Ainsworth & Labeke, 2004). Allerdings können multiple Repräsentationen auch das Arbeitsgedächtnis belasten, da sie den Betrachter vor vielfältige Aufgaben stellen. So müssen sie zunächst die Syntax jeder einzelnen Darstellung verstehen, dann Beziehungen zwischen den verschiedenen Darstellungen finden und zuletzt diese ineinander übersetzen.

Um die Belastung des Arbeitsgedächtnisses zu reduzieren und dennoch eine erhöhte Verarbeitungstiefe zu erreichen, lassen sich die einzelnen Repräsentationen überlagern oder dynamisch miteinander verlinken. Überlagern bedeutet hier, sie direkt übereinander darzustellen und Beziehungen durch eine geeignete Farbwahl deutlich zu machen. Dynamisch

verlinkt sind Repräsentationen, wenn sich eine Veränderung in einer Repräsentationsform automatisch auch auf alle anderen auswirkt (van der Meij & de Jong, 2006).

RCL und IBE zur Elektronenablenkung

Für Experimente an der Elektronenablenkröhre bietet die Umsetzung als RCL und IBE besondere Vorteile. Zum einen wird ein Experiment, welches in der Regel nur als Demonstrationsexperiment durchgeführt werden kann, zu einem Schülerexperiment. Schülerinnen und Schüler können also selbst aktiv experimentieren. Zum anderen löst die Umsetzung das Problem der schlechten Sichtbarkeit des Experimentes im Klassenverband. Weiter bietet die Verlagerung des Experimentes an den Bildschirm Möglichkeiten für gezieltes Scaffolding zur Unterstützung im Experimentierprozess. Auch die Einbindung von integrierten bzw. dynamisch verlinkten multiplen Repräsentationen wird damit erleichtert.

Die Einführung des Nutzers in die speziell hierfür entwickelte Bedienoberfläche des Experiments erfolgt Schritt für Schritt. Ausgehend von der schematischen Darstellung des Versuchsaufbaus wird zunächst das reale Webcambild des Experimentes eingeblendet. Es folgen nacheinander Steuerelemente und Hilfsgraphiken. Am Ende der Einführung stellt sich der zentrale Inhalt für den Nutzer wie in Abb. 1 dar, wobei er selbst die Überblendungen ein- und ausschalten kann.

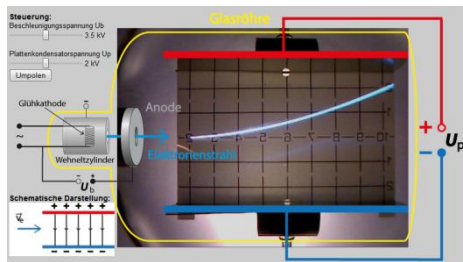


Abb. 1: Nutzeroberfläche mit eingeschalteten Überblendungen

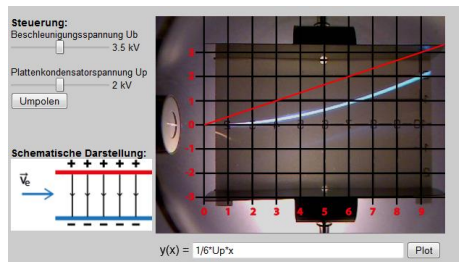


Abb. 2: Nutzeroberfläche mit zusätzlich eingeblendetem Funktionsgraphen

In der Laborumgebung hat der Lernende die Aufgabe, die Funktionsgleichung für die Bahnkurve der Elektronen im E-Feld zu finden. Dazu wird die Weboberfläche durch eine Eingabezeile für Funktionsgleichungen erweitert. Wie in Abb. 2 zu sehen, wird der Funktionsgraph direkt über das Webcambild gelegt. Bei der Eingabe ist auch die Verwendung von Variablen für Beschleunigungs- und Ablenkspannung möglich.

Diese Anordnung unterstützt den Lernenden bei der Mathematisierung. Die Abfolge der Arbeitsschritte: Funktionsgleichung entwickeln, Übereinstimmung prüfen, Formel revidieren bilden hier einen Kreislauf, der mehrfach durchlaufen werden kann. Das Resultat kann stets direkt am Experiment geprüft werden. Die Überlagerung liefert dazu ein direktes Feedback.

Die Eyetracker-Untersuchung:

Methodik: Zur Prüfung der Nutzeroberfläche wurde eine Vorstudie unter Verwendung eines Eytrackers und der Software Nyan 2.0 durchgeführt. Untersucht wurde, was der Nutzer wann und wie lange im Fokus seiner optischen Wahrnehmung hat.

In der Einführungssequenz wurden aufgrund der ständig wechselnden Seiteninhalte die Blickpfade der Nutzer individuell betrachtet. In der Laboroberfläche wurden sog. „Areas of Interest (AOIs)“ definiert (siehe Abb. 3). Die Auswertung erfolgte über die durchschnittliche, prozentuale Blickverweildauer aller Testpersonen in dem jeweiligen Bildbereich.

Ergebnisse: Die individuelle Analyse der Blickpfade zeigte, dass nahezu alle Anwender zunächst die Beschriftungen der schematischen Darstellung lasen. Auf das zeitlich verzögerte,

sequentielle Einblenden der Steuerung und des Hilfsschemas reagierten sie und folgten dem sich aus der Veränderung ergebenden Blickreiz. Sie lenkten ihren Fokus auf das neue Element. Am Ende interagierten alle Nutzer wie gewünscht mit der Oberfläche. Dabei war zunächst oft ein zirkularer Blickwechsel von Steuerung, zu Graph und zu Schemazeichnung zu erkennen. Nach einigen Interaktionen verkürzte sich der Blickpfad in der Regel und der Fokus wechselt nur noch zwischen Steuerung und Graph.

Die Ergebnisse der Analyse der prozentualen Blickverweildauer sind in Abb. 4 dargestellt. Auffällig war, dass die Nutzer ein Drittel der Zeit auf den Graphen blickten, wobei graphische Informationen in der Regel schneller aufgenommen werden können als solche in Textform. Weiter fällt die relativ seltene Konzentration auf die Schemazeichnung auf.

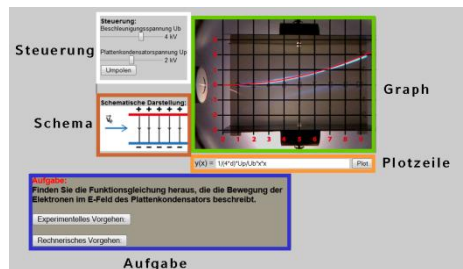


Abb. 3: AOIs der Laberoberfläche

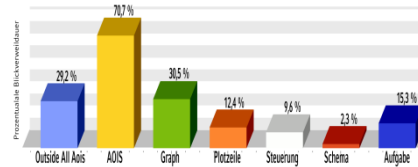


Abb. 4: Prozentuale Blickverweildauer

Diskussion: Die Blickpfadanalyse zeigte, dass ein sequentielles Einblenden der relevanten Oberflächenbereiche zu einer Betrachtung in der gewünschten Abfolge führt. Ob dies auch zu einer einfacheren Verständlichkeit führt, ist noch unklar, aber die schnelle und sinnvolle Interaktion aller Nutzer mit der Oberfläche liefert einen ersten positiven Hinweis. Ein Blickpfad mit einem systematischen Wechsel zwischen Steuerung, Graph und Schema ist aus unserer Sicht wünschenswert, da auf diesem Weg alle verfügbaren Informationen in sinnvoller Reihenfolge abgerufen werden können. Die multiplen Repräsentationen werden genutzt. Die spätere Beschränkung der Blicke auf Steuerung und Graph lässt sich so deuten, dass die Hilfe nach einiger Zeit nicht mehr nötig ist. Eine alternative Erklärungsmöglichkeit ist, dass das Schema auch durch peripheres Sehen wahrgenommen werden kann.

Diese Punkte könnten auch ausschlaggebend für die geringe Blickverweildauer auf dem Schema in der Laberoberfläche sein. Die knapp 30-prozentige Fokussierung außerhalb aller AOIs erklärt sich durch die Einblendungen weiterer Textelemente. Die Fokussierungshäufigkeit der Plotzeile ist zufriedenstellend, da in diesen 12 % die Zeit nicht mit eingerechnet ist, in der ein Nutzer auf die Tastatur schaut um Funktionsgleichungen einzutippen.

Verbesserungen sind im Bereich der Hilfen notwendig. Sie wurden bislang nur unzureichend genutzt. Über den Mathematisierungsprozess und die Verarbeitungstiefe sind weitere Untersuchungen notwendig.

Literatur

- Ainsworth, S., & van Labeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14, 241-255
- Fund, Z. (2007). The effects of scaffolded computerized science problem-solving on achievement outcomes: a comparative study of support programs. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23 (5), 410-424
- Jong, T. de, & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68 (2), 179-201
- Meij, J.v.d., & de Jong, T. (2006). Supporting students' learning with multiple representations in a dynamic simulation-based learning environment. *Learning and Instruction*, 16 (3), 199-212

Mathematisierung aus Sicht von Schülern der Sekundarstufe 1

Einleitung

Die Rolle der Mathematik in Physik und im Physikunterricht ist ein wichtiges Thema physikdidaktischer Forschung. Weil die Wissenschaft Physik untrennbar mit der Mathematik verbunden ist, ist ein Verständnis der Mathematisierung unabdingbar für eine physikalische Grundbildung. Der Einsatz der Mathematik ist unbestritten für den Physikunterricht der Sekundarstufe 2, jedoch beginnt die Mathematisierung, der Umgang mit mathematischen Elementen, im Physikunterricht bereits viel früher, mit den ersten Gesetzen und Auswertungen von Experimenten. Dabei bilden sich Einstellungen, Gewohnheiten und Routinen aus, die fortwirken. Zu Recht ist die Reduktion der Mathematisierung auf das rezeptmäßige Abarbeiten von Rechen- und Sachaufgaben kritisiert, vielmehr steht die Begriffs- und Verständnisorientierung im Vordergrund.

Zentrale Fragestellung

Aus dieser grundsätzlichen scheinbaren Antagonie von "Physik verstehen" und Verwendung der Mathematik ergeben sich folgende Fragen:

- Kann mathematisch-funktionales Wissen das qualitativ-intuitiv-physikalische Verständnis vertiefen?
- Ist qualitatives oder begriffliches Verständnis die Voraussetzung für die möglichst selbstständige Anwendung mathematischer Verfahren in der Physik?

Um diese Fragen zu beantworten, sind zunächst Aspekte von Physikverstehen und der Mathematisierung, die weit über ihren Einsatz als reinem Hilfsmittel und Rechenwerkzeug hinausgeht, genauer darzustellen.

Aspekte von Physik verstehen und Mathematisierung

Um das Verstehen physikalischer Sachverhalte im Hinblick auf die Mathematisierung zu präzisieren, lassen sich verschiedene Stufen identifizieren:

- *Qualitatives Verstehen*: Beschreiben und Begründen von Zusammenhängen
- *Begrifflich-konzeptuelles Verstehen*: Erfassen und Nutzen physikalischer Begriffe
- *Anwendungsrelevantes Verstehen*: Wissen, wie Physik reale Probleme behandelt

Zum Verstehen der Physik als Wissenschaft gehören folgende Aspekte:

- *Methodisch-prozedurales Verstehen*: Wissen, wie man physikalische Methoden beim Experimentieren oder Mathematisieren einsetzt.
- *Strukturelles Verstehen*: Den inneren Zusammenhang der Physik, auch über Gebietsgrenzen hinweg erkennen

Korrespondierend lassen sich verschiedene Aspekte der Mathematisierung identifizieren, die sich mit den Verstehensaspekten verbinden lassen:

- *Qualitativ-funktionale Zusammenhänge*
- *Quantitative Zusammenhänge*
- *Formalisierung physikalischer Gesetze*
- *Anwendungsbezogene Mathematisierung – Modellierung*
- *Mathematisierung physikalischer Prinzipien*

Diese Mathematisierung ist verbunden mit dem Einsatz vielfältiger mathematischer Elemente, wie geometrischer Objekte, Zahlen etc. mit Einheiten, Diagramme als Funktionsgraphen und die Formeln und Gleichungen, die zumeist als Synonym für die Mathematisierung in der Physik gelten. Daher liegt der Fokus im Folgenden hierauf.

Formelverständnis und Einstellungen von Schülern

Erste Forschungen liegen zum Formelverständnis von Schülern vor. Es zeigt sich, dass die explizite Formelschreibweise gegenüber ihrer direkten Verbalisierung bevorzugt wird (Müller & Heise, 2006), es aber bevorzugte Schreibweisen gibt (Strahl et al., 2010). Ferner gelten Formeln als charakteristisch für die Physik und dienen auch als Werkzeuge und Kommunikationsmittel (Krey 2012). Andererseits gelten sie als uninteressant (Hoffmann, 1998) oder verhindern sogar Verständnis. Im Rahmen einer genaueren Analyse zeigten sich aber deutliche Probleme im strukturellen Bereich der Übersetzung zwischen Mathematik und Physik in der Sekundarstufe 1 (Uhdén, 2012). Für die Sekundarstufe 2 wurden die mathematischen Anforderungen in Aufgaben in Schulbüchern wie auch in Abituraufgaben untersucht (Schoppmeier et al., 2011). Offen bleiben aber die Einstellungen der Schüler, die sich bereits von Beginn des Physikunterrichts an herausbilden.

Studie zu subjektiven Einstellungen von Schülern

In einer Studie wurden die Einstellungen von Schülern der Klassenstufe 8 zum Umgang mit Formeln, Diagrammen und deren verbale Erläuterungen untersucht. Der sächsische Lehrplan sieht hier den intensiven Einsatz von Formeln und Diagrammen in fast allen Lernbereichen (Druck, Elektrizität und Wärmelehre) vor, nachdem bereits in den beiden vorangegangenen Klassenstufen erste einfache Formeln eingeführt wurden. Als Instrumente wurden ein Fragebogen zur Einstellung gegenüber Physik und zur Bewertung des Zusammenspiels von Formeln, Diagrammen und Erläuterungen sowie ein Wissenstest hierzu eingesetzt. Ergänzt wurden diese durch halb-strukturierte Interviews von ca. 1/2 Stunde Dauer. Diese sollen zu einer weiteren Theoriebildung in Bereich der Beschreibung, Interpretation und dem Verstehen der Wirkung der Mathematisierung auf die Schüler beitragen und Hypothesen für die weitere Forschung generieren. Im Vordergrund stehen die Beschreibung individueller Meinungen und Eindrücke sowie die explorative Erkundung von Ursachen für bestehende Probleme.

An der Studie nahmen insgesamt 192 Schüler und Schülerinnen (88 männlich, 104 weiblich) aus 10 Klassen mit 6 Lehrerinnen und 2 Lehrern an sächsischen Gymnasien teil. 9 Schülerinnen und 11 Schüler meldeten sich freiwillig zum Interview. Dabei handelte es sich um Physik gegenüber positiv und negativ eingestellte Schüler mit verschiedenen Fächerprofilen.

Fragestellung und Ergebnisse der Interviews

Einleitend wurde in den Interviews die allgemeine Einstellung zur Physik erfragt. Der Schwerpunkt lag auf der Beschreibung auftretender Probleme bei der Mathematisierung im Physikunterricht, vor allem in Bezug auf das Verständnis und die Verwendung von Formeln und Diagrammen. Ergänzt wurde dies durch Fragen zur Wahrnehmung des Unterrichts, vor allem in Bezug auf das Zusammenspiel von Experiment, Formel, Diagramm und Erläuterung sowie die Rolle von Aufgaben. Es wurde auch gefragt, wie die Lehrer sich darum bemühen, ein Physikverständnis zu fördern.

Für die subjektive Beurteilung der Schüler, ob sie selber Physik verstehen, wurden drei Aspekte identifiziert. Deutlich überwog der kognitive Aspekt: „dass ich eine gute Klausur schreibe, dass ich mich mal melden kann und was sagen kann oder dass ich eine Aufgabe alleine löse, ohne meinen Nachbarn zu fragen“. Seltener trat der emotionale Aspekt: „Ich fühle mich voll geil ... habe keine Angst vor dem Test morgen“ oder der wertbezogene Aspekt „Wenn ich merke, ich interessiere mich dafür“ auf. Von den beschriebenen Verstehensaspekten wurden das qualitative Verstehen (Diagramme helfen beim Merken), das methodisch-prozedurale Verstehen (Nutzung von Strategien, Erstellen, Ablesen und Interpretieren von Diagrammen) und das strukturelle Verstehen („Experimente, Rechen-

aufgaben und halt auch Mathematik, was da zusammenhängt; ...alles drei ist wichtig, wenn ein Teil ausgelassen wäre, wäre es nicht ganz.“) gefunden.

Da der Schwerpunkt auf der Einstellung zu Formeln lag, werden diese Ergebnisse hier genauer beschrieben. Die Schüler nannten verschiedene Funktionen von Formeln: Die methodisch-prozedurale Funktion, die sich auf konkrete Aufgabenlösungen bezieht, eine strukturelle Funktion, dass man sich mit Hilfe von Formeln auch Sachen überlegen kann oder auch die prognostische Funktion oder Ergänzung von Experimenten.

In Bezug auf den Umgang mit Formeln wurden teilweise die vermuteten Probleme, teilweise neue Aspekte gefunden: Das Rechnen mit Buchstaben ist ungewohnt. Eine zusätzliche Schwierigkeit ist, dass (gleiche) Buchstaben und Variable überall etwas anderes bedeuten. Ein weiteres Feld betrifft den Umgang mit Einheiten, vor allem das korrekte Umrechnen oder die Komplexität von Formeln, die Brüche beinhalten.

Daneben wurden Vorteile von Formeln gesehen: Zahlenwerte können einen Eindruck über die Bedeutung von Formeln geben. Außerdem sind Formeln kürzer und präziser als verbale Erläuterungen. Die Meinungen sind geteilt, ob ein Verstehen eher mit Formeln oder mit verbalen Erläuterungen gefördert wird. Beides wurde genannt. Ein weiterer Aspekt hängt eng mit der Leistungsorientierung zusammen. Die Schüler bevorzugen beispielsweise in Klassenarbeiten rechnerische Aufgaben, während sie bei Erklärungsaufgaben auf die Vieldeutigkeit der Sprache und die notwendigen sehr genauen Formulierungen abheben. Subjektiv gibt es demnach auf unterschiedlichen Ebenen durchaus positive Stimmen zu Formeln.

Ein weiteres häufiges Element sind Diagramme. Hier besteht eine Diskrepanz zwischen ihrem passiven Gebrauch (lesen, erklären und interpretieren) und dem aktiven Erstellen. Während in der passiven Nutzung keine Probleme gesehen werden, gibt es sie in Bezug auf selbstständige Wahl und Einteilung der Achsen sehr wohl. Sie bieten Anschauung, helfen beim Merken und Erinnern oder zeigen Zusammenhänge, sind aber auch weniger aussagekräftig als Formeln.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Insgesamt scheint eine Gewöhnungsphase im Umgang mit mathematischen Elementen erforderlich, die sorgsam die Relationen zwischen Diagrammen und Formeln aufbaut und eine Verbindung zu physikalischen Gesetzmäßigkeiten herstellt. Auf diesem Gebiet müssen die Lernprozesse und Schülervorstellungen noch genauer untersucht werden.

Literatur

- Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN
- Krey, O. (2012). Die Rolle der Mathematik in der Physik. Berlin: Logos Verlag
- Müller, R. & Heise, E. (2006). Formeln in physikalischen Texten: Einstellung und Textverständnis von Schülerinnen und Schülern. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(5), 62-70
- Schoppmeier, F., Borowski, A., & Fischer, A.-E. (2011). Mathematisierungsbereiche und ihre Rolle in Leistungskursklausuren. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Potsdam 2010*. Berlin: LIT, 170-172
- Strahl, A., Mohr, M., Schleusner, U., & Müller, R. (2010). Wie Schüler Formeln gliedern - eine explorative Befragung. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 9, 1
- Uhden, O. (2012). *Mathematisches Denken im Physikunterricht*. Berlin: Logos Verlag

Formeln in Physik(schul)büchern – eine quantitative Untersuchung

Anknüpfend an die Studie von Strahl et al. (2008) wurden erneut Formeln in Physik(schul)büchern untersucht. Im Gegensatz zu der älteren Studie ging es diesmal nicht um die unterschiedlichen Formeln, sondern um ihre reine Anzahl. Wie zu erwarten, steigt die Anzahl der Formeln pro Seite sowohl im Verlauf der Klassenstufen als auch mit den unterschiedlichen Schultypen (HS, RS, Gym, Sek II). Neben den reinen Schulbüchern wurden drei Lehrbücher für Studierende und zwölf Didaktikbücher untersucht. Es fällt auf, dass in den Didaktikbüchern kaum auf den Umgang mit der Mathematisierung in der Physik eingegangen wird; auch eine generelle Didaktik der Formeln fehlt.

Untersuchte Bücher

Art	Anzahl	Art	Anzahl
Hauptschule	7	Gymnasium Sek II	6
Realschule	6	Studium	3
Gymnasium Sek I	15	Didaktiklehrbücher	12
		Gesamt	49

Es wurden möglichst aktuelle und zugelassene Schulbücher unterschiedlicher Schultypen und Altersstufen untersucht. Neben der Anzahl der Formeln wurde ebenfalls erfasst, in

Tab. 1: Untersuchte Bücher

welcher Form sie vorkommen, also ob sie im Text stehen, in einer Grafik, in einer Beispielaufgabe usw. Gerade für Anfänger ist eine leicht nachvollziehbare Darstellung wichtig (Strahl & Müller, 2007; 2009; Strahl et al. 2010; 2011). Hier wurde vor allem das Vorhanden- oder Nichtvorhandensein von Multiplikationspunkten und die Darstellungsweise von Brüchen betrachtet.

Formeldichte

Die Formeldichte gibt an wie viele Formeln pro Seite vorkommen.

$$\text{Formeldichte} = \frac{\text{Formeln}}{\text{Seiten}}$$

Die Formeldichte kann als vergleichendes Maß herangezogen werden, da die reine Anzahl der Formeln pro Buch noch nicht wirklich aussagekräftig ist. Erst durch das Verhältnis lassen sich unterschiedliche Bücher miteinander vergleichen. Beispielsweise wurden insgesamt 13941 Seiten durchgesehen, dabei wurden 23410 Formeln gezählt, was eine Formeldichte von 1,68 ergibt.

Hauptschulbücher

Es wurden sieben Bücher von Klasse 5 bis Klasse 10 zwei verschiedener Reihen untersucht. In der Jgst. 5/6 sind noch so gut wie keine Formeln in den Büchern zu finden (Ausnahme: zwei Formeln im Themengebiet E-Lehre.). Bei der Reihe *Physik/Chemie* werden im Buch für die Jgst. 7/8 erstmalig Formeln verwendet, bei der Reihe *Natur bewusst* erst in der Jgst. 9/10. Insgesamt ist aber die Formeldichte gering. Der höchste Wert von 0,80 ist in der

Mechanik zu finden, somit kommt in der Reihe *Physik/Chemie 9/10* in der Mechanik auf fast jeder Seite eine Formel vor (*Physik/Chemie 9* und *10* wurden zur besseren Vergleichbarkeit zusammengefasst.).

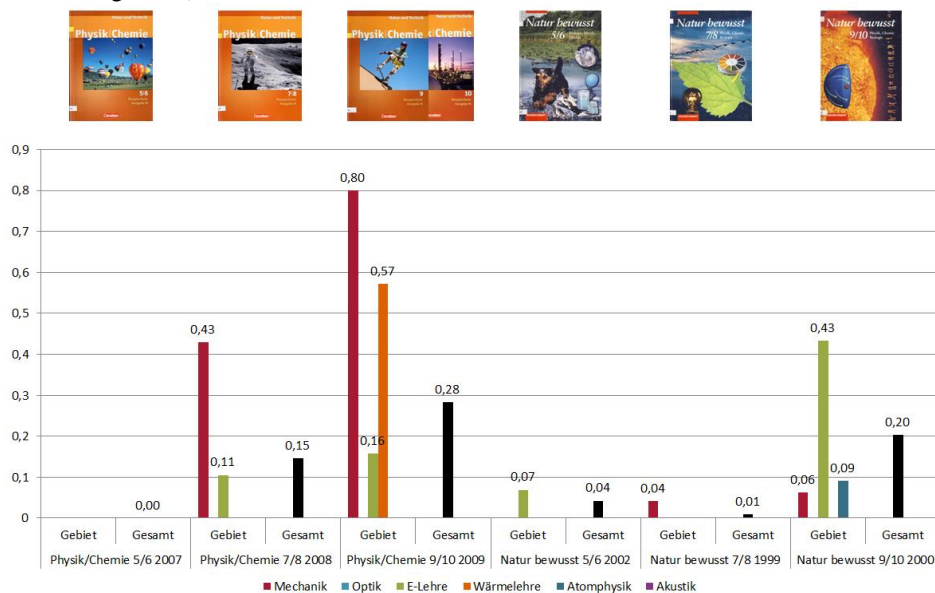


Abb. 2: Formeldichte bei Hauptschulbüchern

Realschulbücher

Das Ergebnis bei Realschulbüchern ist ähnlich dem von Hauptschulbüchern. In der Jgst. 5/6 kommen noch keine Formeln vor, erst in der Jgst. 7/8 sind sie in allen drei Büchern mit einer Gesamtformeldichte von 0,60 bis 0,81 vorhanden. Sie steigt in der Jgst. 9/10 nicht wirklich stark an (0,70 bis 0,95). Die Formeldichte in der Mechanik ist mit 1,98 bzw. 2,00 in den Büchern für die Jgst.9/10 vergleichsweise hoch.

Gymnasialbücher Sek I

Die Gymnasialbücher für die Sekundarstufe I sind vom Gesamtverlauf den Haupt- und Realschulbüchern ähnlich. In der Jgst. 5/6 kommen keine Formeln vor. Die Gesamtformeldichte schwangt von 0,64 bis 1,93, zeigt also starke Unterschiede. Die höchsten Dichten sind in der Mechanik zu finden (1,02 bis 3,27). Zusätzlich zum Vergleich der unterschiedlichen Buchreihen wurde eine Reihe (*Dorn/Bader* Sek I) im historischen Verlauf untersucht. Hier gibt es starke Unterschiede. Z. B. variiert die Gesamtformeldichte von 0,73 in der Ausgabe von 1972 zu 1,43 in der Ausgabe von 1993, was einer Verdopplung entspricht. Die aktuelle Ausgabe von 2010 hat eine Gesamtformeldichte von 1,26.

Gymnasialbücher Sek II

In den Büchern für die Sekundarstufe II liegt die niedrigste Gesamtformeldichte bei 2,29 und die höchste bei 3,12. Im *Dorn/Bader* von 2000 ist bei allen untersuchten Büchern die höchste Formeldichte festgestellt worden; 6,22 im Bereich E-Lehre (siehe Abb. 2).

Lehrbücher der Physik

Die Gesamtformeldichte der drei untersuchten Bücher ergibt für *Halliday/Resnick/Walker* 3,61, für *Tipler* 4,05 und für *Gerthsen* 4,36. Das Buch mit den meisten Formeln der gesamten Untersuchung war das von *Tipler* mit 4459 Formeln auf 1102 Seiten.

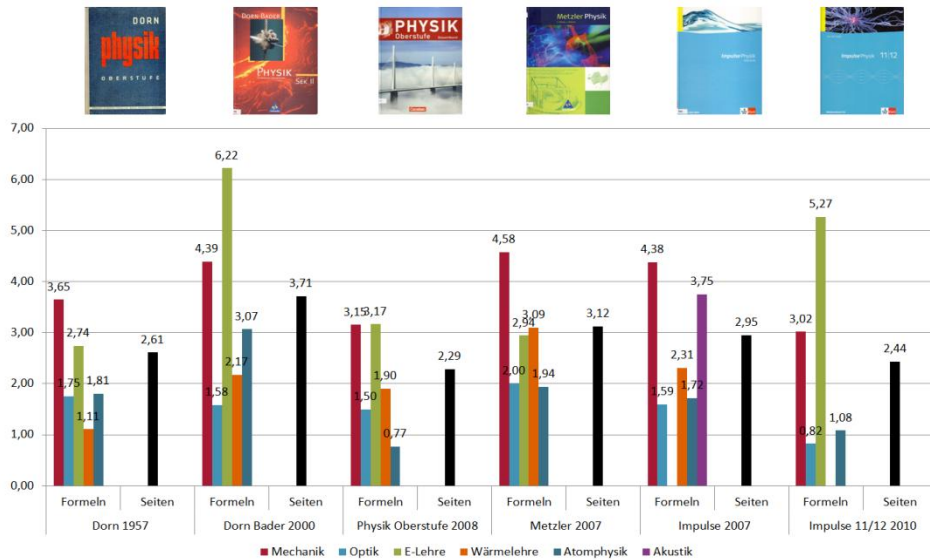


Abb. 2: Formeldichte bei Gymnasialbüchern für die Sekundarstufe II

Lehrbücher der Physikdidaktik

In allen untersuchten Physikdidaktikbüchern gibt es weder ein eigenes Kapitel zu Formeln noch eines zur Mathematisierung in der Physik. Dies spiegelt sich auch in der Formeldichte von 0,00 bis 0,28 wider. Im Vergleich der Formeldichten (Abb. 3) ist dies gut zu erkennen.

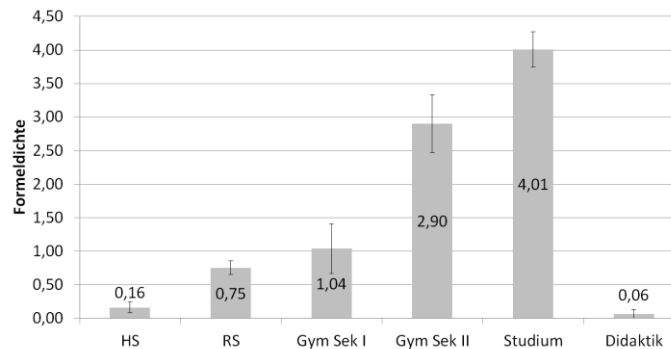


Abb. 3: Vergleich von Formeldichten

Literatur

- Strahl, A., Grobe, J., Müller R. (2010). Was schreckt bei Formeln ab? – Untersuchung zur Darstellung von Formeln. PhyDid B <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/viewArticle/169> (14.10.2012)
- Strahl, A., Jezek, J., Müller R. (2011). Formeln und Einheiten – Ergebnisse einer Vorstudie. In D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie 2010. GDCP Tagungsband 31. Lit-Verlag, 176-177
- Strahl, A., Koszinowski, K., Müller, R. (2008). Formeln in Physikbüchern. Erschienen auf der CD zur DPG Frühjahrstagung - Fachverband Didaktik der Physik 2008. V. Nordmeier & A. Oberländer (Hg.). Berlin http://www.strahl.info/_veroeffentlichungen/2008_Strahl_Formeln_in_Physikbuechern_DD_07_32.pdf
- Strahl, A., Müller, R. (2007). Formelverständnis in der Physik: erste Ergebnisse einer Untersuchung. Erschienen auf der CD zur DPG Frühjahrstagung Regensburg - Fachverband Didaktik der Physik. Hrsg. von V. Nordmeier & A. Oberländer. 1-4. http://www.strahl.info/_veroeffentlichungen/2007_Strahl_Formelverstaendnis_in_der_Physik_DD_15_02.pdf (14.10.2012)
- Strahl, A., Müller, R. (2009) $U=R \cdot I$ oder $R=U/I$ - Untersuchungen zur Darstellung von Formeln. Erschienen auf der CD zur DPG Frühjahrstagung - Fachverband Didaktik der Physik. Hrsg. von V. Nordmeier & A. Oberländer. Berlin http://www.strahl.info/_veroeffentlichungen/2009_Strahl_URI_Untersuchung_zur_Darstellung_von_Formeln_DD_16_03.pdf (14.10.2012)

Analyse von mathematischem Kompetenzerwerb mit dem Rasch Modell

Vor dem Wintersemester 2011/12 wurde in Flensburg erstmalig ein Mathematik-Vorkurs durchgeführt, um die im Allgemeinen konstatierten Defizite bei mathematischen Inhalten der Physik aufzufangen. Der Kurs fand eine Woche vor Vorlesungsbeginn an fünf Tagen mit je 180 min. Vorlesungs- und 180 min. Übungs-Anteil statt. Adressaten waren hauptsächlich Studierende des dritten Fachsemesters, sowie einige Erstsemester des GHR-Bachelor und Berufschul-Master Studiengangs, die den Kurs freiwillig besucht haben. Die Inhalte dieses Kurses waren an die Bedürfnisse des Grund-Haupt-Realschul-Lehramt-Studiums (GHR) angepasst. Vorwiegend waren dies Themen der Schulmathematik. Lediglich die Taylorreihen-Entwicklung und einfache Matrizen-Mathematik waren auf Hochschulniveau angesiedelt (Korff & Panusch, 2012).

Das Forschungsdesign

Der Kurs wurde mit Hilfe eines Fragebogens mit 33 dichotomen Items aus einer Kieler Studie (Busker et al., 2011) in einem Prä-Post-FollowUp Design evaluiert. Dabei sollte die Frage geklärt werden, ob ein Effekt des Vorkurses feststellbar ist. Als Kontrollgruppe dienten Studierende des ersten und dritten Semesters im gleichen Studiengang, die in einer der Anfangsvorlesungen befragt wurden. Alle drei Tests wurden mit dem gleichen Fragebogen durchgeführt. Der FollowUp-Test wurde 8 Wochen nach dem Vorkurs durchgeführt. Anschließend wurden die insgesamt 111 Fragebögen von zwei Personen codiert. Bei nicht identischen Codierungen wurde ein dritter unabhängiger Interrater zu Rate gezogen. Durch einen 5-stelligen anonymisierten Code konnten die einzelnen Prä-, Post- und FollowUp-Fragebögen einander zugeordnet werden. Rund 54% der Kontrollgruppe haben jeweils den Prä- und FollowUp-Test ausgefüllt. Auf der daraus resultierenden ordinalen Datenmatrix wurden verschiedene Analysen durchgeführt, die im Folgenden dargestellt werden.

Die ordinale Auswertung und die metrische Modellierung mit dem Rasch-Modell

Insgesamt konnten im Fragebogen 33 Punkte erreicht werden. Die Verteilung der Population auf den Punktzahlen wurde als Median-Boxplot dargestellt (Abb.1). Der Median der erreichten Punktzahl im Fragebogen der beiden untersuchten Populationen steigt vom Prä- zum FollowUp-Test um jeweils 2 Punkte an. Dennoch ist zu erkennen, dass die Teilnehmer des Vorkurses anscheinend bessere Eingangsvoraussetzungen, wie z.B. mathematisches Vorwissen, für den Test mitbringen.

Die ordinalen Daten wurden anschließend einer eindimensionalen Rasch-Analyse (Schnell et al., 2008) unterzogen. Dabei wird die Annahme getroffen, dass jede Aufgabe im Fragebogen genau eine bestimmte Schwierigkeit und jeder Proband genau eine individuelle Fähigkeit hat, diese Aufgabe zu lösen. Die Fähigkeit des Probanden ist dabei die zu messende und zu postulierende latente Variabel ‚Mathematik-Kompetenz‘. Das Maß für die Schwierigkeit einer Aufgabe ist dabei die nötige Mathematik-Kompetenz mit der dem Probanden die Lösung genau dieser Aufgabe mit 50% Wahrscheinlichkeit zugetraut werden kann. Die Lösungswahrscheinlichkeit wird durch die Differenz von Mathematik-Kompetenz und Aufgabenschwierigkeit anhand einer logistischen Funktion modelliert. Im Gegensatz zu den ordinal-skalierten Punktzahlen im Test ist die darauf modellierte Mathematik-Kompetenz intervallskaliert und erlaubt daher auch metrische Operationen.

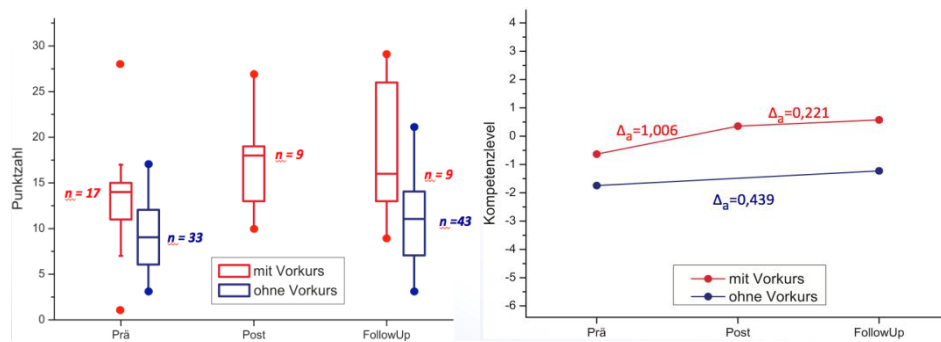


Abb. 1: links: Vergleich der Populationen mit und ohne Treatment (,Vorkurs') als Median-Boxplot mit 25% Quantilen, 22,5 % Whisker und 2,5% Ausreißer. Rechts: Das arithmetische Mittel der ,Rasch'-Mathematik-Kompetenz der Probanden über alle drei Teststufen.

Während der Vergleich der Boxplots (Abb. 1) keinen Unterschied in der Leistung nahe legt, gibt es in der Vorkurs-Gruppe einen Anstieg der Mathematik-Kompetenz nach Besuch des Kurses im FollowUp Test um 1,227. Die Kompetenz der Probanden in der Kontrollgruppe steigt nur um 0,439. Der Zuwachs an mathematischer Kompetenz erscheint bei den Vorkursteilnehmern daher dreimal so groß im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Methoden der statistischen Analyse

Übliche weitere Analysen der empirischen Sozialforschung sind Varianzanalysen verschiedenster Form, welche Datensätze auf diverse Kennzahlen und Gütekriterien zur Reliabilität und Validität einer Messung prüfen. Die dafür notwendige Varianz geht zwangsläufig von einer Normalverteilung aus. In unserem Fall sieht man an der Position der Mediane in den Boxplots eine leichte Schiefe der Verteilung. Daher kann man nicht automatisch davon ausgehen, dass die Punktzahl und auch die Mathematikkompetenz in dieser Population normalverteilt sind. Zumindest im Fall der Rasch-Kompetenzen kann man mit dem Kolmogorov-Smirnov Test zeigen, dass man in diesem Fall mathematisch gesehen nicht viel falsch macht, wenn man von einer Normalverteilung ausgeht. Auf Grund der fehlenden Äquidistanz funktioniert dies nicht auf der ordinalen Punkteskala. Grundsätzlich sind Varianzanalysen mathematisch zwar möglich, aber wegen der Verletzung dieser notwendigen Bedingung aus epistemologischer Warte heraus wenig sinnvoll. Trotzdem ist dieses Vorgehen obgleich seiner Fahrlässigkeit im Allgemeinen akzeptiert.

Dabei stehen auch statistischen Methoden zur Verfügung, die bereits auf ordinalem Skalenniveau operieren und respektive zum t-Test oder zur Pearson-Korrelation äquivalente Aussagen treffen. Zusätzliche statistische Annahmen sind dafür nicht notwendig. Der Wilcoxon-Rangsummentest prüft die Nullhypothese, ob zwei Teilpopulationen nicht als getrennt angesehen werden können und ermittelt, wie sicher diese Hypothese abgelehnt werden muss. Dazu werden alle Probanden anhand ihrer Punktzahl sortiert und erhalten damit Ränge. Der Rangsummentest prüft nun durch Vergleich der Rangsummen die Möglichkeit, ob die Probanden des Vorkurses nur durch Zufall die oberen Ränge der Verteilung einnehmen. Analog zum t-Test erhält man hier das Signifikanzniveau mit dem sich zwei Teilpopulationen voneinander unterscheiden. Die Rangkorrelation nach Spearman nutzt ebenfalls diese Rangverteilung. Hierbei kann die Rangreihenfolge von zwei verschiedenen Ausprägungen einer Population auf Übereinstimmung geprüft werden. Über die Rangdifferenz eines Probanden hinsichtlich dieser zwei Merkmale wird der Korrelationskoeffizient ρ bestimmt. Im vorliegenden Fall wurde getestet, ob eine Korrelation des Fragebogenergebnisses mit der letzten Schulmathematiknote oder der Abiturnote besteht. In beiden Fällen konnte gezeigt werden, dass keine dieser Kopplungen besteht $r_{Mathe} = -0,16$ und $r_A = 0,08$. Im Zuge des Methoden-

vergleichs wurde die Rangkorrelation der Lösungshäufigkeit der Aufgaben mit den durch Rasch ermittelten Itemschwierigkeiten bestimmt. Mit einem höchst signifikanten Koeffizienten von $r_{Items}^- = 0,985$ kann bestätigt werden, dass sich beide Ranglisten nicht signifikant von einander unterscheiden.

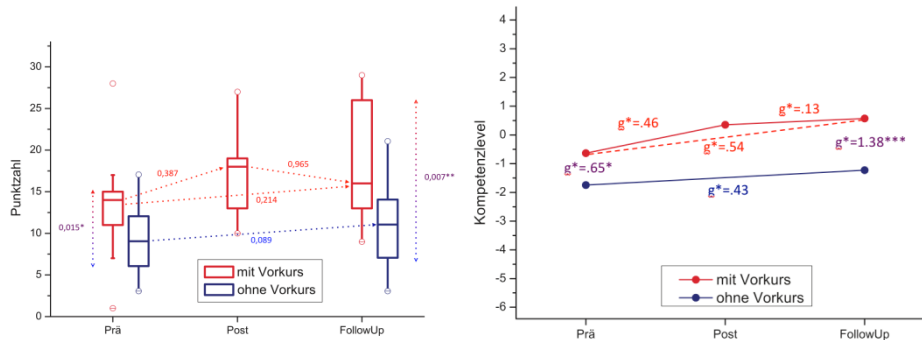


Abb. 2: links: Median-Boxplots mit den Ergebnissen des Wilcoxon-Rangsummentests. Rechts: Die gemittelte ‚Rasch‘-Mathematik-Kompetenz der Probanden mit zugehöriger Effektstärke (nach positivem Kolmogorov-Smirnov Test auf 5%-Niveau).

In Abb. 2 sieht man die Ergebnisse des Wilcoxonrangsummentests im Vergleich zur Effektstärke g^* nach Cohens/Hedges. Man sieht, dass sich äquivalente Signifikanzen im Prä- und FollowUp-Test bestimmen lassen. Lediglich der Grad der Signifikanz ist unterschiedlich und scheint vom Test abzuhängen. Man kann daher behaupten, dass der Vorkurs anscheinend prä-selektiv war: Es haben vorwiegend diejenigen den Kurs besucht, die schon ein höheres Maß an Mathematikkenntnissen mitbringen.

Fazit

Zu konstatieren bleibt jedoch, dass der Vorkurs im zeitlichen Verlauf keinen messbaren Effekt gezeigt hat. Offen bleibt die Frage nach dem Grund. Der Vorkurs wird in ähnlicher Form im Wintersemester 2012/13 erneut angeboten und mit einem überarbeiteten Fragebogen evaluiert. Auf der methodischen Ebene hat die Analyse mit dem Rasch-Modell keinen Vorteil gegenüber den ordinalen Methoden gezeigt. Das heuristische Prinzip der Parsimonie empfiehlt die sparsame Verwendung notwendiger Bedingungen und begünstigt oft die Verallgemeinerbarkeit der Resultate. Einen idealen, normalverteilten Studenten anzunehmen, der durch Mittelwertbildung und Standardabweichung gut geschätzt werden kann, ist aus dieser Sicht heraus selten zielführend. Man bewegt sich auf soliderem Fundament, wenn man möglichst wenige Annahmen macht und nur die statistischen Methoden benutzt, die an die zu prüfenden Hypothesen und vor allem an die Verteilung angepasst sind. Wie gezeigt wurde, erzeugen unterschiedliche Methoden auch hier keine unterschiedlichen Realitäten (vgl. Müller-Schneider 1993).

Literatur

- Busker, M., Neumann, I., Klostermann, M. (2011). Vorwissen Mathematik bei Physik- und Chemiestudierenden. In S. Bernholdt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Münster: LIT-Verlag, 479-481
- Korff, S., Panusch, M. (2012). Vorkurse auf dem Prüfstand. In *Phydid-B, Tagungsbeiträge der Frühjahrstagung der DPG Didaktik der Physik in Mainz 2012*
- Müller-Schneider, T. (1993). Verschiedene Verfahren - Verschiedene Ergebnisse? Vergleich der Skalierungsverfahren nach Rasch und Mokken sowie der klassischen Testtheorie. *Zeitschrift für Soziologie*, 22, 371-384
- Schnell, R., Hill, P. B., Esser, E. (2008). *Methoden der empirischen Sozialforschung*. München, Wien: Oldenbourg Verlag, 197-205

Zufall und Notwendigkeit in den Vorstellungen von Jugendlichen

Einleitung

Der Begriff „Zufall“ wird in vielerlei Bedeutungen – oft ohne tiefere Reflexion – benutzt. Bei genauer Betrachtung ergeben sich vier Hauptbedeutungen: die Koinzidenz zweier (mutmaßlich) voneinander unabhängiger Ereignisse, ein unvorhergesehenes bzw. ungeplantes Ereignis, ein Ereignis ohne erkennbare Ursache und schließlich ein Ereignis *ohne* Ursache. Gerade die letzte Bedeutung ist die für die Physik interessanteste. Wir sprechen hier vom „echten Zufall“.

Lange Zeit gab es diesen „echten Zufall“ in der Physik überhaupt nicht, getreu den Worten des Leukipp, „*nichts geschieht* von selbst, sondern alles aus einem Grunde und unter dem Druck der Notwendigkeit“. Der Kosmos wurde als Entfaltung der Lösung eines komplexen Systems gekoppelter Differentialgleichungen gesehen, die Gegenwart war die Folge der Vergangenheit, die Zukunft die der Gegenwart.

Durch die Entdeckung der Quantenphysik wurde dieser Auffassung der Boden entzogen, nach der von der Mehrheit der Physikerinnen und Physiker anerkannten Kopenhagener Interpretation werden in der Entwicklung des Kosmos nur noch die Wahrscheinlichkeiten streng determiniert, die Ereignisse selbst werden vom echten Zufall mitbestimmt, das Kausalitätsgesetz gilt nicht.

Für die Physikdidaktik erhebt sich nun u. a. die Frage, welche Vorstellungen die Jugendlichen über Zufall und Notwendigkeit beim Ablauf der Naturvorgänge mitbringen: Wie erklären sich Jugendliche diese Vorgänge, wie denken sie über die Entwicklung des Kosmos und der Welt?

Forschungsstand

Es gibt nicht viele Arbeiten, die sich mit diesem Thema beschäftigt haben. Neben einigen Studien, die Unterrichtskonzepte zur Quantenphysik in der Sekundarstufe II evaluieren und damit auch u. a. auf Determinismusprobleme eingehen (z. B. Müller, 2003), ragen hier v. a. die Arbeiten von Komorek zum Unterricht über das deterministische Chaos (z. B. Komorek, 1995) und die umfangreiche Arbeit von Döhrmann (Döhrmann, 2005) heraus.

Demnach verwenden Jugendliche den Zufallsbegriff – wie Erwachsene auch – sehr oft unreflektiert, es sind aber alle vier oben erwähnten Hauptbedeutungen zu finden. Ein rein deterministisches Denken wurde nur bei wenigen Jugendlichen gefunden; in der Arbeit von Döhrmann waren von 94 untersuchten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 11 und 12 nur fünf der Auffassung, dass es gar keine echten Zufälle gibt.

Vorstudie

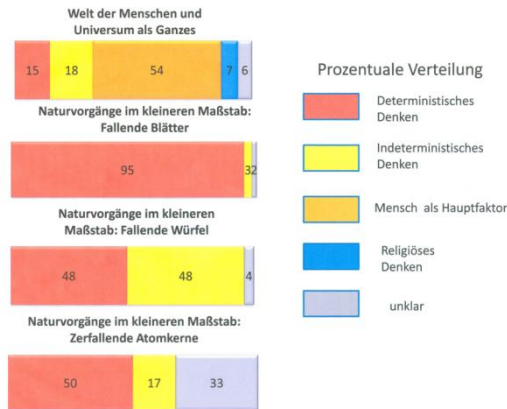
Um diese Befunde genauer zu untersuchen, wurde ein Fragebogen mit offenem Antwortformat entwickelt (Bühler & Erb, 2010), bei dem die Jugendlichen ihre Vorstellungen beschreiben sollten. Insgesamt wurden zehn Fragen gestellt, von der Entwicklung des Kosmos und der Welt als Ganzes über fallende Blätter und Würfel bis hin zu Vorgängen im Mikrokosmos (Radioaktiver Zerfall). Der Fragebogen wurde 22 Jugendlichen in Klasse 12 (Gymnasium), 61 in Klasse 10 (Gymnasium) sowie zusätzlich 30 Studierenden bzw. Referendarinnen und Referendaren vorgelegt. Außerdem wurden neun Interviews mit Schülern der Klasse 11 durchgeführt.

Die dabei erfassten Vorstellungen der Jugendlichen waren nicht einheitlich, insbesondere konnte ein deutlicher Unterschied zwischen der Welt als Ganzem einschließlich des Menschen und den Naturvorgängen im kleineren Maßstab festgestellt werden.

Im Bereich „Welt als Ganzes“ gab es insbesondere die Auffassung (bei ca. 50 %), dass der Mensch durch seine Entscheidungen die Entwicklung der Welt beeinflusst. Diese Entscheidung steht dabei außerhalb der Naturgesetze. Ein recht kleiner Teil (ca. 10 %) war

stark von religiösem Denken beeinflusst, ca. 15 % waren Deterministen.

Bei den Naturvorgängen im kleineren Maßstab gab es bei fast allen Items rein deterministische Antworten, einzig bei typischen Zufallsexperimenten (Würfel, Lotterie) und bei Items zum Mikrokosmos gab es einen hohen Prozentsatz an indeterministischen Antworten. Die Abbildung links gibt einen Überblick über die Verteilung der Antworten.



Aktuelle Studie mit Faktorenanalyse

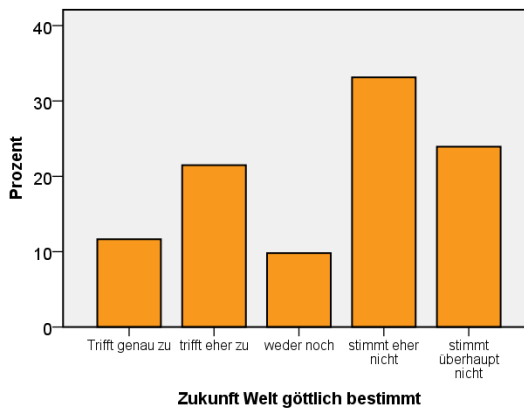
Für eine quantitative Analyse wurde ein Fragebogen mit fünfwertiger Rating-Skala entwickelt. Er umfasst 30 Items, davon 14 zum Bereich „Welt als Ganzes“ und 16 zu den Naturvorgängen im kleineren Maßstab. 163 Jugendliche von Klasse 10 bis 13 (Gymnasium) wurden befragt.

Ein Beispiel-Item zum ersten Bereich:

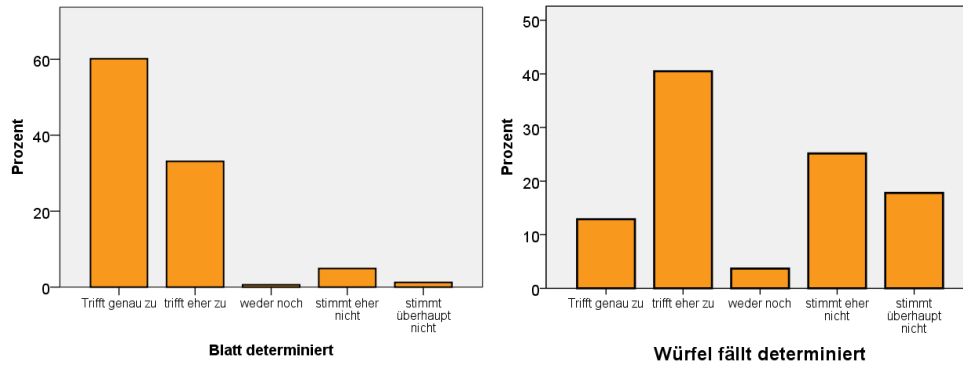
Die Zukunft unserer Welt und des Universums wird maßgeblich von einer höheren Macht bestimmt, die über der Natur und auch über den Menschen steht.

Die Antwortverteilung bei den Jugendlichen zeigt das Diagramm rechts. Ca. 35 % der Jugendlichen stimmen der Aussage zu. Etwa 55 % aber lehnen den Einfluss einer höheren Macht ab, 10 % sind unschlüssig.

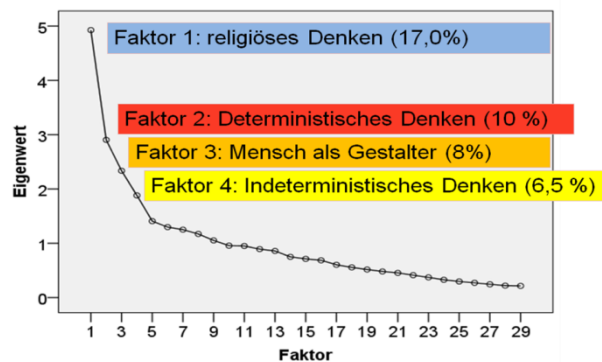
Auch in dieser Untersuchung konnten die Unterschiede im Denken



der Jugendlichen über Naturvorgänge im Kleinen bestätigt werden; bei den meisten der Vorgänge offenbarte sich ein deterministisches Denken (z. B. bei dem Item, das sich mit von einem Baum fallenden Blättern beschäftigte), doch bei Zufallsexperimenten (z. B. fallende Würfel) war auch ein hoher Prozentsatz nicht mit einer deterministischen Sichtweise einverstanden. Die folgenden beiden Diagramme zeigen dies deutlich:



Eine Faktorenanalyse über alle 30 Items ergab vier gut zu interpretierende Faktoren. Der Faktor mit der höchsten Varianzaufklärung konnte dem religiösen Denken zugeordnet werden. Alle Items, die Gott eine tragende Rolle bei der Entwicklung der Welt einräumten, hatten eine hohe Ladung auf diesen Faktor (Cronbachs Alpha 0.861). Der zweite Faktor konnte dem deterministischen Denken zugeordnet werden (Cronbachs Alpha 0.682), der dritte Faktor der Vorstellung, dass der Mensch der Gestalter der Zukunft ist (Cronbachs Alpha 0.635). Der vierte Faktor ergab hohe Ladungen bei allen Items, bei denen von Bewegungsänderungen ohne Ursache die Rede war, also von „echten Zufällen“. Daher kann dieser Faktor einem echt indeterministischen Denken zugeordnet werden (Cronbachs Alpha 0.658).



41

Ausblick

Die hiermit erzielten vorläufigen Ergebnisse lassen erkennen, dass eine Erhebung der hier zur Diskussion stehenden Vorstellungen interessante Resultate liefern kann. Hierzu ist eine Überarbeitung des eingesetzten Fragebogens einschließlich einer umfassenden Validierung erforderlich. In einer Hauptstudie sollen dann 500 Jugendliche befragt werden. Unsere Fragestellung wird dann auch auf die zeitliche Entwicklung dieser Vorstellungen erweitert werden. Können Unterschiede in den Vorstellungen von Jugendlichen im Vergleich der Klassenstufen 9 bis 12 und schließlich zu denen Studierender festgestellt werden?

Literatur

- Bühler, B. & Erb, R. (2009). Mikrokosmos und Physikalisches Weltbild in den Vorstellungen der Schüler. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Tagung 2009
- Bühler, B. & Erb, R. (2010). Zum Physikalischen Weltbild von Jugendlichen. Ein Beitrag zur Erforschung von Schülervorstellungen. Praxis der Naturwissenschaften: Physik in der Schule 5 (59), 34-37
- Döhrmann, M. (2005). Zufall, Aktien und Mathematik. Hildesheim: Verlag Franz Becker
- Komorek, M & Grosse, S. (1995). Schülervorstellungen zum Laplaceschen Dämon. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Tagung 1995
- Müller, R. (2003). Quantenphysik in der Schule. Berlin: Logos Verlag

Mathematische Modelle im Chemieunterricht

Zur Erklärung naturwissenschaftlicher Probleme sowie zur Problemlösung in den Naturwissenschaften ist es häufig nötig, mathematische Modelle (wie z.B. Gleichungen, Funktionen, Graphen, geometrische Figuren, Koordinaten etc.) zu nutzen. Hierdurch wird es möglich, die entsprechenden naturwissenschaftlichen Sachverhalte zu mathematisieren und mathematische Formulierungen inhaltlich zu deuten (Höner, 1996). Derartige Nutzungen mathematischer Modelle zur Beschreibung chemischer Sachverhalte können im Chemieunterricht auf verschiedene Art und Weise Anwendung finden. Einerseits können mit Hilfe von gegebenen mathematischen Modellen im Rahmen von *Rechnungen und Anwendungen* chemische Resultate ermittelt werden. Andererseits können Schülerinnen und Schüler selbst mathematische Modelle zur Beschreibung und Klärung eines chemischen Sachverhaltes entwickeln und nutzen. Bei diesem bewussteren Umgang mit mathematischen Modellen wird ein Prozess durchlaufen, der fortan als *mathematisches Modellieren* bezeichnet werden soll. Hierbei ist nicht nur das Übersetzen des chemischen Sachverhaltes in ein mathematisches Modell - also das Mathematisieren - von zentraler Bedeutung, sondern insbesondere auch das Übertragen der mathematischen Resultate sowie das Interpretieren und Validieren des entwickelten Modells aus chemischer Sicht.

Der Prozess der mathematischen Modellierung bzw. dessen idealtypischen Verlauf lässt sich nach Borromeo, Leiß und Blum (2006) mit Hilfe eines Kreislaufmodells beschreiben, welches zur Erläuterung von Lehr-Lern- und Denkprozessen in aufgabengesteuerten Lernumgebungen eingesetzt werden kann. Im Zuge einer Anpassung des Modells an den bei einer mathematischen Modellierung im Chemieunterricht ablaufenden Prozess wurde von den Autoren das folgende Kreislaufmodell entwickelt (Schmidt & Di Fuccia, 2011):

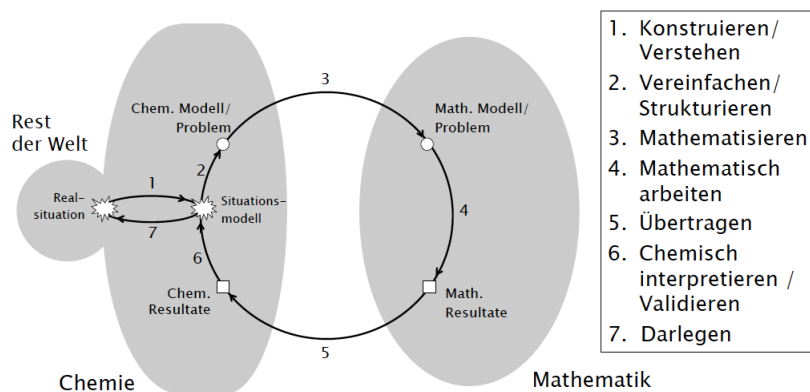


Abb. 1: Der Prozess der mathematischen Modellierung im Chemieunterricht

In der Literatur wird dem bewussten Umgang mit mathematischen Modellen die Möglichkeit zur Unterstützung des Verständnisses zugeschrieben. So kann eine mathematische Analyse chemischer Prozesse helfen, das chemische Verständnis zu erleichtern und zu vertiefen (Harisch, 1979). Insbesondere das mathematische Modellieren kann der Förderung des Verständnisses und der Problemlösefähigkeiten dienen (Borneleit, Danckwerts, Henn & Weigand, 2001). Aufgrund dieses Potentials erscheint der Einsatz von Modellierungs-

aufgaben für den Chemieunterricht sinnvoll. Andererseits ist es bekannt, dass das Übertragen und Anwenden mathematischer Kompetenzen auf chemische Sachverhalte bei den Schülerinnen und Schülern Probleme verursacht (Beck, Markic & Eilks, 2010). Derartige Probleme mit der Bildung und Nutzung mathematischer Modelle bzw. mit mathematischen Modellierungen im Chemieunterricht wurden jedoch bislang nicht näher untersucht, klassifiziert oder gar gelöst. Weiterhin ist es bislang ungeklärt, inwieweit mathematisches Modellieren im Chemieunterricht tatsächlich Anwendung findet.

Zur aktuellen Unterrichtssituation

Um einen Einblick zu erhalten, an welchen Stellen mathematische Modelle im Chemieunterricht überhaupt Anwendung finden, wurde in einem ersten Schritt eine Sichtung der aktuellen Chemie-Curricula der Sekundarstufe II aller Bundesländer vorgenommen. Auf diese Weise konnten diejenigen Themenbereiche in den Lehr- und Rahmenplänen identifiziert werden, in denen eine Mathematisierung chemischer Sachverhalte vorgesehen ist. Beim Vergleich der curricularen Vorgaben der einzelnen Bundesländer fällt auf, dass diese stark voneinander abweichen. So unterscheiden sich die Lehrpläne zum einen hinsichtlich der vorgegebenen Themenfelder, in denen es einer mathematischen Betrachtung eines chemischen Sachverhaltes bedarf, zum anderen weichen sie in Hinblick auf die Expliztheit bezüglich einer konkreten Vorgehensweise, die mit den einzelnen geforderten Betrachtungen einhergeht, stark voneinander ab. Beispielsweise lassen sich in den Lehrplänen Vorgaben wie das Stichwort „Massenwirkungsgesetz“ finden, es werden jedoch nur in einzelnen Bundesländern konkrete Hinweise gegeben, dass eine mathematische Betrachtung im Sinne einer Herleitung vorgenommen werden soll, so dass eine Thematisierung des Massenwirkungsgesetzes zwar verpflichtend, die Herleitung jedoch obligatorisch ist.

Zur Beantwortung der Fragestellung, auf welche Weise mathematische Modelle und mathematische Modellierungen im Chemieunterricht genutzt werden, dienen aufbauend auf die Analyse der curricularen Vorgaben folgende Maßnahmen dazu, einen mehrdimensionalen Einblick in die Realität der Behandlung solcher Themen zu erhalten:

- Durch eine Analyse verschiedener Schulbücher (N=5) konnte ein Einblick in die mögliche unterrichtliche Interpretationen der Vorgaben hinsichtlich der Mathematisierung im Chemieunterricht gewonnen werden. Hierzu wurden in den 7 Themenfeldern, in denen die Nutzung eines mathematischen Modells gemäß der curricularen Vorgaben vorgesehen bzw. möglich ist, insgesamt 164 Unterkapitel mit ihren Einführungstexten, Herleitungen und Beispielen sowie den insgesamt 1520 Übungsaufgaben analysiert. Die Analyse ergab, dass 99,6% der 884 Schulbuchaufgaben, die einen mathematischen Anteil haben, ausschließlich die Nutzung gegebener mathematischer Modelle fordern. Lediglich 0,4% der Aufgaben, die auf die Nutzung eines mathematischen Modells zielen, fordern dagegen eine mathematische Modellierung bzw. Herleitung des entsprechenden Modells. In 36,0% der Kapitel mit einem mathematischen Anteil wird eine theoretische Herleitung durch das Schulbuch gegeben. In 36,5% derartiger Kapitel ist eine Beispielrechnung angegeben, die in Übungsaufgaben reproduziert werden soll.
- Im Rahmen einer Interviewstudie wurden Lehrkräfte (N=13) zur Umsetzung der curricularen Vorgaben hinsichtlich der Nutzung von mathematischen Modellen im Chemieunterricht befragt. Die Studie ergab, dass Herleitungen mathematischer Modelle in den Grundkursen kaum durchgeführt und in den Leistungskursen ausschließlich von den befragten Lehrkräften präsentiert werden. Bevor die Schülerinnen und Schüler selbst zum Rechnen aufgefordert werden, werden in beiden Kursarten Beispielrechnungen durch die Lehrkräfte angegeben.

Nach Einschätzung der Lehrkräfte kann die Nutzung mathematischer Modelle in Form von Herleitungen das Verständnis fördern, jedoch nur falls die Lernenden Mathematik

hinreichend gut beherrschen. Je schlechter die Lehrkräfte die durchschnittlichen mathematischen Leistungen eines Kurses einschätzen, desto weniger werden mathematische Modelle in den jeweiligen Kursen genutzt. Im Widerspruch hierzu geben die Befragten an, dass ein zentrales Problem bei der Nutzung mathematischer Modelle das häufig fehlende elementare chemische Grundwissen der Schülerinnen und Schüler sei.

- Um einen Einblick zu erhalten, welche mathematischen Aspekte aktuell in jedem Falle im Chemieunterricht der Sekundarstufe II Anwendung finden, wird aktuell eine qualitative Analyse der Aufgaben des Zentralabiturs im Unterrichtsfach Chemie vorgenommen.

Schülerprobleme mit mathematischen Modellierungen

Auf Basis der oben genannten Analysen sollen Probleme der Schülerinnen und Schüler mit mathematischen Modellierungen chemischer Sachverhalte genauer untersucht und klassifiziert werden, da dies Grundlage dafür ist, mathematische Betrachtungen im Chemieunterricht so einzusetzen, dass sie das chemische Verständnis besser unterstützen. Hierzu bedarf es einer detaillierten Betrachtung des Modellierungsprozesses, um zu überprüfen, ob beim Durchlaufen dieses Modellierungskreislaufes in den einzelnen Schritten des Prozesses themenspezifische oder verallgemeinerbare Probleme auftreten, ob die Lernenden zu einem chemischen Phänomen ein chemisches Modell finden und dieses in ein mathematisches übersetzen können und ob sie die mit Hilfe der Mathematisierung erhaltenen Ergebnisse chemisch interpretieren können. Im Rahmen einer Videostudie sollen dazu Aufgaben mit gestuften Lernhilfen (nach Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel, 2010) als Diagnoseinstrument eingesetzt werden, da sie eine gezielte Identifizierung der problematischen Aspekte im Modellierungsprozess erlauben: Durch eine entsprechende Ausgestaltung der gestuften Lernhilfen kann eine klare Abgrenzung der einzelnen Schritte des oben dargestellten Modellierungsprozesses vorgenommen werden, da solche Hilfen in Hinblick auf eine deutliche Unterscheidung zwischen chemischen, mathematischen, aber auch lern- und prozessstrategischen Hilfestellungen entwickelt werden können. Hierdurch wird eine Kategorisierung der Problembereiche realisierbar, die sich auf mathematische, chemische und/oder lernstrategische Kompetenzen zurückführen lassen. Zur Validierung des Einsatzes von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen als Analyseinstrument wird die Methode des nachträglichen lauten Denkens bzw. eine Befragung der Schülerinnen und Schüler im Rahmen von Interviews dienen.

Literatur

- Beck, U., Markic, S., Eilks, I. (2010). Modellierungsaufgaben im Chemieunterricht. PdN Chemie in der Schule, 6/59, 5-7
- Borneleit, P., Danckwerts, R., Henn, H.-W., Weigand, H.-G. (2001). Expertise zum Mathematikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In H.-E. Tenorth (Hrsg.), Kerncurriculum Oberstufe. Weinheim: Beltz, 26-53
- Borromeo, R., Leiß, D., Blum, W. (2006). Der Modellierungskreislauf unter kognitionspsychologischer Perspektive. Beiträge zum Mathematikunterricht 2006, Vorträge auf der 40. Tagung für Didaktik der Mathematik. Hildesheim und Berlin: Franzbecker
- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F., Stäudel, L. (2010). Gestufte Lernhilfen. In S. Boller, R. Lau (Hrsg.), Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II – Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen. Weinheim, Basel: Beltz
- Harisch, F. (1979). Mehr rechnen im Chemieunterricht! NiU Physik / Chemie, 2/27, 57-60
- Höner, K. (1996). Mathematisierungen im Chemieunterricht – ein Motivationshemmnis? ZfdN, 2, 51-70
- Schmidt, I., Di Fuccia, D.-S. (2012). Mathematisches Modellieren im Chemieunterricht, In S. Bernholt (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP), Tagungsband zur Jahrestagung in Oldenburg 2011 - Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Berlin: Lit-Verlag, 515-517

Foucaults Pendel: wissenschaftliche und ästhetische Dimensionen

Als Komponist, Lernforscher und Fachdidaktiker ist mein grundlegendes Anliegen, Brücken zwischen Kunst und Wissenschaft zu schlagen. Dies ist auch die Hauptintention in dem seit 2010 geleiteten Kunst-Wissenschaftsprojekt „Foucault’s Pendulum: the Re-enchantment of the World“. In diesem Beitrag wird von den drei Phasen des Projekts berichtet, und einige fachdidaktische Schlussfolgerungen werden beleuchtet und diskutiert.

Hintergrund und Intention des Projekts

Absicht und Methode des Projekts ist, sich dem Pendelphänomen von einer *künstlerischen* Seite, einer *wissenschaftlichen* Seite und einer *fachdidaktischen* Seite zu nähern. Dadurch wird intendiert, die ästhetischen und wissenschaftlichen Dimensionen des Phänomens in ein und demselben Raum zu gestalten (Østergaard, 2011). Die fachdidaktischen Fragen lauten: Inwiefern kann im Unterricht ein wissenschaftlich-ästhetischer Raum gestaltet werden, der sowohl ästhetisch wahrnehmbar als auch wissenschaftlich verstehbar und erklärbar ist? Welche Rolle kann das Ästhetische im Physikunterricht spielen? Root-Bernstein (1997, S. 63-64) argumentiert, dass Schüler „rarely, if ever, are given any notion whatever of the aesthetic dimension or multiplicity (...) of the sciences, and therefore, no matter how technically adept, can never truly understand or appreciate them“. Phänomenologisch betrachtet ist es ein Problem, dass das Ästhetische, verglichen mit wissenschaftlichem Wissen, kaum berücksichtigt wird. In seinem Roman „Das Foucaultsche Pendel“ beschreibt Umberto Eco wie zwei Menschen sich vor dem Pendel treffen. Nachdem der Junge vergeblich versucht hat, dem Mädchen zu erklären, wie das Pendel funktioniert, endet das Gespräch für beide unbefriedigend:

Tatsächlich ging das Pärchen gleich darauf weiter – er belehrt von einem Schulwissen, das ihm die Fähigkeit zum Staunen vernebelt hatte, sie träge, unerreichbar für den Schauer des Unendlichen, beide unberührt von der Schreckenserfahrung dieser ihrer Begegnung... (Eco, 1989, S. 12)

Dies ist im Grunde genommen eine didaktische Situation, in der das rein wissenschaftliche Wissen die ästhetischen Aspekte des Phänomens ausgeblendet hat. Die Frage ist, ob auch ein Lehrer der Naturwissenschaften den Schülern „die Fähigkeit zum Staunen“ unterdrücken oder sogar gänzlich nehmen kann.

Phase 1: Phänomen-Entfaltungen und Transformationen

In der seit November 2010 durchgeführten ersten Phase ging es vor allem darum, die Pendelqualitäten durch eine phänomenologische Beobachtung in eine musikalisch-ästhetische Sprache umzuformen. Qualitäten wie potenzielle vs. kinetische Energie (siehe Abb. 1), das Repetitive/Wiederholdende und die zwei Zeitmaße der foucaultschen Pendelbewegung werden künstlerisch geformt. Diese Gestaltung der Phänomen-Entfaltungen wurde komponiert und in einem Workshop im Rahmen von „Works in Progress“ an der Osloer Oper im November 2011 gezeigt. Die Rückmeldungen waren positiv, haben allerdings auch auf die Probleme der „Inszenierung“ hingewiesen: Welche dramaturgische Linie kann gefunden oder entwickelt werden? Wie kann die Dramaturgie überhaupt entwickelt werden, wenn das Pendel gar keine „Geschichte“ erzählen will, sondern sich am liebsten immer nur weiter stetig bewegen möchte?

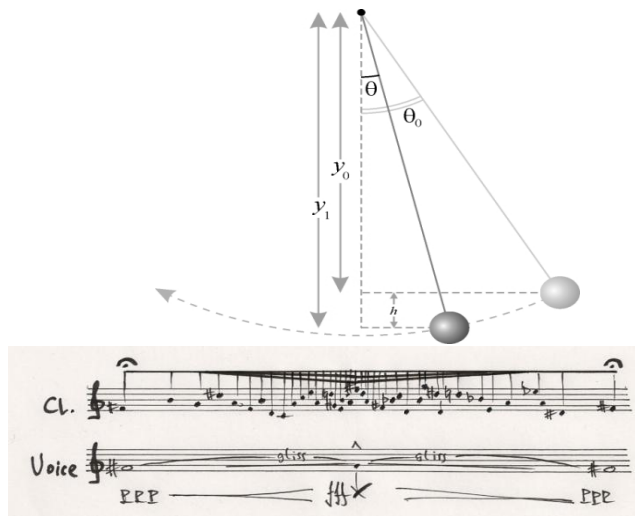


Abb.1: Eine physikalische Repräsentation und zwei musikalische Repräsentationen der Pendelbewegung

Phase 2: Von der Dramaturgie des Pendels zum Dramatisieren von „Pendeldialogen“

In der jetzigen Phase (seit Juni 2012) geht es darum, das Pendel als Teil einer Dramaturgie zu gestalten. Das Pendel ist viel mehr als ein rein physikalisches Phänomen; es ist auch ein sensibles Instrument, um Nuancen des menschlichen Verstehens und Erlebens der Welt zu akzentuieren (Granström, 2012). Die Geschichte spielt sich in einer Reihe von Dialogen zwischen dem Pendel und den drei Charakteren G, F und M ab:

G(alilei) sieht in der Pendelbewegung Gesetzmäßigkeiten zum Ausdruck kommen, die in einer exakten mathematischen Sprache beschrieben werden können. Für G werden die Gesetzmäßigkeiten eine Verbindung zum Göttlichen: Gs Entdeckung ist gewissermaßen der Startschuss für die Entwicklung, die später die Wissenschaft an die Stelle Gottes gesetzt hat. Durch G kommen auch die Beschaffenheit des wissenschaftlichen Forschens und die unumgänglichen Momente der Unsicherheit und Unvorhersagbarkeit zum Ausdruck.

F(oucault) sieht in der Doppelbewegung des Pendels ein Mittel, um die Drehung der Erde erfahrbar zu machen. Die scheinbare Veränderung des Pendels hat also in diesem Fall mit seiner *Unveränderlichkeit* zu tun. Das Pendelphänomen wird dadurch ein Eingang zu einer Diskussion über das Sein, das Werden, Veränderung und Konstanz – Themen, die die Philosophen seit Jahrhunderten beschäftigt haben.

M(älzel) sieht in der Pendelbewegung ein Werkzeug, um der Zeit eine genaue Einteilung zu geben. M verkörpert ein Zutrauen zu den Möglichkeiten, alles zu systematisieren und zu mechanisieren, sogar die Musik und die Kunst. Durch M können Fragen zur völligen Mechanisierung des menschlichen Denkens (*Artificial Intelligence*), zur Messung der Zeit und zur Auffassung, was Zeit überhaupt ist, behandelt werden.

Das Gemeinsame der drei Charaktere ist, dass sie durch die Pendeldialoge verschiedene Auffassungen der Welt, und dadurch auch unterschiedliche Auffassungen *zu sich selbst in der Welt*, verkörpern. Die nächste Frage lautet damit: Welche zeitgemäße Auffassung der Welt, und von uns in der Welt, läge heute in dem Pendeldialog?

Phase 3: Strukturen einer empirischen Lehr/Lernstudie

In dieser Phase ist geplant, eine Studie von den Lehr/Lernaspekten der „Pendeldialoge“ durchzuführen. Folgende Stadien und mögliche Fragestellungen sind vorgesehen:

- *Lehrervorbereitung*: Wie nähern sich ein Künstler oder Kunstlehrer und ein Physiker oder Physiklehrer dem Pendelphänomen? Was charakterisiert die Arbeits- und Ausdrucksformen des Künstlers, des Physikers?

- *Schülervorbereitung*: Wie kann relevantes Wissen über das Pendel (durch z.B. Schülerversuche) und über die Drehung der Erde introduziert werden? Welche Rolle könnte das Schöne im Physikunterricht spielen?

- „Pendeldialoge“ – ein dramatisch-musikalisches Werk für die Bühne

- *Schülernachbereitung*: Kam in der Vorstellung wissenschaftliches Wissen über Pendelbewegungen zum Ausdruck? Welches Wissen könnte daraus vertieft werden?

- *Lehrerreflexion*: Was kann der Künstler über die Arbeitsform des Wissenschaftlers lernen? Was kann der Wissenschaftler über die Arbeitsform des Künstlers lernen? Was haben die beiden über das Pendel (neu) erfahren?

Phänomenologie und Inquiry-based Learning

Im fachdidaktischen Zusammenhang zeigt das Projekt, dass es sowohl Verwandtschaften wie auch Unterschiede zwischen phänomenologischer Didaktik und Inquiry-based Learning (IBL) gibt. Beide Ansätze bilden einen Gegensatz zur Begriffsschwere des naturwissenschaftlichen Unterrichts und beide Ansätze legen entscheidendes Gewicht auf die Prozesse der Wissensbildung. Die Verschiedenheiten der beiden Ansätze kommen u.a. in unterschiedlicher Gewichtung zum Ausdruck: Während IBL den Lern- und Untersuchungsprozess mit konkreten Problemstellungen beginnt, fängt die phänomenologische Didaktik meistens mit einer offen-intentionalen Phänomenbeobachtung an. Und während IBL auf eine multimodale Optimierung der Repräsentationen setzt, behauptet die Phänomenologie, dass das Phänomen per Definition immer mehr als die Summe der Repräsentationen sei. Ein Fokus auf das Vorbegriffliche und Vorrepräsentative ist eine Grundprämisse der Phänomenologie und somit der phänomenologischen Didaktik. In diesem Projekt kam dies in der Phase der Phänomen-Entfaltung zum Ausdruck, in der intendiert wurde, die Repräsentationen zur Seite zu legen, um „die Fähigkeit zum Staunen“ (Eco, 1989, S. 12) nicht zu vernebeln.

Nach meiner Präsentation auf der Tagung ist es mir deutlich geworden, dass das Ästhetische nicht eine Eigenschaft des Pendelphänomens, sondern viel mehr ein Attribut der Relation zwischen dem erfahrenden Menschen und der Umwelt ist. Dies bildet das Fundament einer *relationalen Ästhetik*, in der der Fokus auf das Verhältnis zwischen Mensch und Phänomen gerichtet wird: „A relational aesthetic is characterized by a concern for the capacity of art to promote healthy interactions within and among people and the created world“ (Hyland Moon, 2002, S. 140). In der nächsten Entwicklungsphase dieses Kunst-Wissenschaft-Projekts wird von daher die Perspektive eine andere sein, wie z.B.: „Pendeldialoge: wissenschaftliche und ästhetische Relationen“.

Literatur

- Eco, U. (1989). Das Foucaultsche Pendel. München: Hanser Verlag
- Granström, H. (2012). Pendeldialoger. Skisser til et dramatisk verk. Stockholm
- Hyland Moon, C. (2002). Studio Art Therapy. Cultivating the Artist Identity in the Art Therapist. London and Philadelphia: Kingsley Publishers
- Østergaard, E. (2011). Foucault's Pendulum and the scientific-aesthetic Space. In F. Seroglou., V. Koulountzos & A. Siatras (Hrsg.), Science & Culture: Promise, Challenge and Demand. Proceedings from the IHPST conference, Thessaloniki, Greece, July 2011, 544-547
- Root-Bernstein, R. (1997). The sciences and arts share a common creative aesthetic. In A.I. Tauber (Hrsg.), The elusive synthesis: Aesthetics and science. Norwell, MA: Kluwer, 49-82

Raumbedingungen des forschenden Lernens: Dramaturgie der Chemiedidaktik

Viel wird über forschende Lernprozesse geschrieben und nachgedacht. Wie diese Lernprozesse mit der Gestaltung des Lernortes in Verbindung stehen, wird weniger beachtet. Schauen wir uns die Lernorte konkret an, spiegeln ihre Konformität und Leerheit eine Epistemologie wider, die oft blind ist für die Rolle des Sinneslebens im forschenden Lernprozess. Wenn die Frage nach Raumbedingungen des forschenden Lernens gestellt wird, brauchen wir deshalb einen Raumbegriff, der für diese Aufgabe geeignet ist. Soja (1996) gibt hier einen Ansatz, wenn er die innige Verwobenheit von ‚lived, perceived and conceived space‘ als ‚Thirdspace‘ beschreibt. Das heißt, der Raum muss dialogisch als eine Funktion der Relationsfelder gesehen werden.

Denken berührt Sinnesleben

Wie können sich selbständige Lernprozesse anhand bestimmter Phänomenreihen entfalten? Mit dieser Frage beschäftigt sich seit Michael Faraday's ‚The Chemical History of a Candle‘ die phänomenologische Naturwissenschaftsdidaktik (Ostergaard, Dahlin & Hugo, 2008). Es wird von Faraday als erstes Prinzip klargestellt, dass die Sinne bei dem Lernprozess aktiviert werden müssen. Erst wenn das Denken, angeregt von sinnlichen Erfahrungen, erwacht um *sie* Schritt für Schritt begrifflich zu erhellen und zu durchleuchten, beginnt produktives Lesen lernen im Buch der Natur. Wie Wagenschein (1983) es deutlich formuliert, leidet der Lernende, wenn diese sinnliche Teilnahme ganz außer Acht gelassen wird:

The phenomena of nature are hardly touched upon as the teacher hurries on and goes further into the instrumental, the abstract, the laboratorial, the technical and the mathematical, so that the children no longer can participate with their eyes, ears and hands. (Wagenschein 1983, S. 108-109)

Weil Denken und Beobachten als Eigenbewegungen ganz eng verwobene Prozesse sind (Hugo, 1995), leiden dann nicht nur die Sinne, sondern auch das Abstraktionsvermögen:

Paralysed in a condition as mere spectators they cannot be physically present with their senses, and for this reason they are also unable to perform the task of abstraction. (Ebd.)

Wenn die Sinne aktiviert werden müssen, ist die nächste Frage, didaktisch gesehen, eine Frage der Dramaturgie: Wie sind die räumlich-sinnlichen Bedingungen sinnlich-forschenden Lernens? Und weiter: In welche Richtung müsste eine Theorie sich entwickeln, die sich diesen Bedingungen forschend zuwendet? Anhand zweier Beispiele aus unserer Lehrerausbildung wird eine Reihe epistemologischer und didaktischer Gesichtspunkte entwickelt, als Grundlage und Leitlinie einer solchen Theoriebildung.

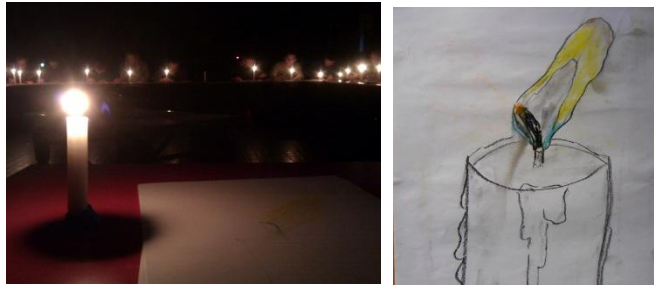
Forschendes Lernen als Eigenbewegung

Der erste Schritt richtet sich nach innen, denn die Frage lautet: Was geschieht im Lernenden? Die Phänomenologie muss sich also über diese Brücke begeben, wo Interesse am sinnlichen Weltinhalt sich umstülpt in Interesse an den inneren sinnlich-forschenden Tätigkeitsformen im Lernvorgang. Nötig für diese Operation ist ein erweiterter Praxisbegriff, der die geistig-seelische Aktivitätsseite als Praxis mit einbezieht (Torbert & Taylor, 2008). Nun kann man sich an jedem Unterrichtsort die Frage stellen: Wie sieht hier der Dialog aus zwischen Lernraum (Umwelt) und Lernprozess (Innenwelt)? Welche Aufmerksamkeits-

bewegungen werden in Gang gesetzt? Welche Sinne sind dabei beteiligt? Welche Fragen stellen die sinnlichen Erfahrungen an den Erkennenden? Wie wird genuines Denken aktiviert? Das sind ähnliche Fragen wie jene, die ein Dramaturg stellt, wenn er Handlungsräume künstlerisch gestaltet. Der Unterschied ist, dass sie hier in Bezug zu forschendem Lernen gestellt sind. Dennoch ist der forschende Lernprozess, genauso wie der künstlerische Prozess, immer eine Funktion der beteiligten Eigenbewegungen. Immer kann man sich deshalb als Lehrer fragen: Welche Eigenbewegungen werden in Gang gesetzt durch meine Gestaltung des Lernortes?

Erstes Beispiel: Verbrennung

Wie Aufmerksamkeit sich dialogisch zwischen Sinnesaktivität und Denkaktivität bewegen kann, lässt sich gut an einem Beispiel aus der Lehrerbildung darstellen. *Kontext:* Kerzenstudie als Eintritt zum Thema Verbrennung; 40 Studenten (30 Minuten). Beobachtungsübungen im Stillen = 10 Minuten, Phänomen(vor)lesung = 10 Minuten, Besprechungen = 10 Minuten. *Raumbedingungen:* Halbdunkel, Tische im Viereck, am Tisch: Kerze, Papier und Malstifte.



Eigenbewegungen: Durch die gegebene Aufgabe, die Kerzenflamme so genau wie möglich zu beobachten und abzuzeichnen, setzt unaufgefordert ein Dialog zwischen Hand und Auge ein. Ein Pendeln vollzieht sich zwischen aufmerksamer Sinnesaktivität und produktivem Zeichnen. Die Aufmerksamkeit bewegt sich tastend zwischen Sehakt und Malakt, Eindruck und Ausdruck, Phänomen und Bild. Durch diese Perspektivbewegung wacht eine dritte Aktivität auf, die Selbstbeobachtung in der Urteilsbildung: Im Vergleichen wird abgetastet, ob das Gezeichnete übereinstimmt mit dem, was man tatsächlich sieht. Dieses Eintauchen in den Phänomenbereich dauert 10 Minuten. Es geht über in eine geführte Phänomenlesung, in der gezielt Fragen an Einzelercheinungen gestellt werden: Wie (unter welche Bedingungen) entsteht die Schale für das flüssige Wachs? Welche Farbzonen gibt es in der Flamme? Und was vollzieht sich in diesen Zonen? Wo glüht der Docht? Wo und unter welchen Bedingungen entsteht Licht? Die Denkaktivität leitet. Nun taucht Wasser auf als Tau an der kalten Glasplatte. Erstaunlich, aus dem Feuer neugeborenes Wasser! Die bekannte Formel wird hier zum Bild.

Zweites Beispiel: Kalk

Die zeitliche Dimension der Dramaturgie taucht auf, wenn man mit Phänomenreihen arbeitet. *Kontext:* Kalkstudie als Einleitung zum Thema Kalk (CaCO_3); 12 Studenten (10 Minuten). *Raumbedingungen:* Demonstrationstisch mit 8 verschiedenen Exemplaren in Reihe gelegt. *Eigenbewegungen:* Es dreht sich hier nicht um Einzelercheinungen, sondern um deren verbindende Geste, nicht um Einzeltöne (Phänomene), sondern um die Melodie-linie (Entwicklung). Lesend lernt man denken; aus biologischen Kalkprozessen entstehen Kalksteine, aus Kalkstein entsteht (unter bestimmten Bedingungen) Marmor mit Kalkkristallen, die weiter zum Salz (CaCO_3) leiten.



In diesem Beispiel wird klar, dass Kalkprozesse in der Natur die Fachgrenzen Biologie, Geologie und Chemie überschreiten und verbinden. Chemiedidaktisch dient es als Eintritt zum Thema Calcium, gebrannter Kalk (CaO), gelöschter Kalk (Ca(OH)_2), der durch Kohlensäure (CO_2 ist wieder da!) zur chemischen Salzbildung (CaCO_3) führt. Wir sind wieder im Bild angekommen (siehe Salzwürfel). Die Phänomenreihe lässt auf diese Weise lückenlose Gedankengänge entstehen, wie von Fritz Julius (1988) vorbildlich gezeigt wird.

Dramaturgie der Chemiedidaktik

Weil der Raum beim Eintreten halbdunkel ist, nehmen die Studenten die Aufgabe recht schnell an. Bemerkenswert ist, dass diese 10 Minuten in Stille ablaufen, ohne scheinbare äußere Aktivität. Bezogen auf die geistige Bildung, geschieht aber gerade in dieser Zeit sehr viel. Diese Minuten zeigen zum Beispiel, wie zart eine Empirie sich einstellen muss, die die Tätigkeit selbst, nämlich die geistig-seelisch-körperlichen Eigenbewegungen, forschend angehen will (Hugo 1995). Im Unterrichtsraum kann man auch von Atmosphäre reden. Das Kerzenlicht bewirkt selbst eine ganz besondere stille Atmosphäre, solange es halbdunkel und still im Raum ist. Die Aufgabe der Lehrer ist es darüber hinaus, eine konzentrierte, scharf gestellte, aber doch ruhige Arbeitsatmosphäre zu erzeugen. Zusammen bewirken die zwei eine Art dritte Stimmung, hell und fast heilig. Im zweiten Teil (10 Minuten) sind die Studenten Zuhörer, aber zur gleichen Zeit aktive Beobachter. Die letzten 10 Minuten eröffnen durch sprachlichen Austausch mit Mitschülern Metareflection und Mehrperspektivität als eine dritte Eigenbewegungsmodalität. Diese leitet durch Eigenerfahrungen im Lernprozess hinein in die fachdidaktischen Gesprächs- und Theoriefelder. Die phänomenologische Naturwissenschaftsdidaktik als Erwachsenenpädagogik braucht diese Art zarter Empirie, um diese Schichten der Lern- und Lehrvorgänge auseinanderhalten und verbinden zu können. Die vorgeschlagene Theorierichtung ist eine, die als Phänomenologie nur anhand raum- und fachsituerter Fragestellungen entwickelt werden kann. Dadurch zeigt sie ihren ästhetischen Zug. Was auf der Bühne erscheinen soll, ist aber ganz klar: die Eigenbewegungen der Natur selbst.

Literatur:

- Hugo, A. (1995). Erkennensens beröring med livet [Erkenntnis berührt das Leben]. Dr. Scientarium Thesis, 6. Norges Landbrukshøyskole, Aas.
- Julius, F. (1988). Grundlagen einer phänomenologischen Chemie. Teil II: Zum Chemieunterricht der Oberstufe. Stuttgart: Verlag Freies Geistesleben, 173-191
- Ostergaard, E., Dahlin, B. & Hugo, A. (2008). Doing phenomenology in science education: a research review. *Studies in Science Education*, 44/2, 93-121
- Soja, E.W. (1996). *Thirdspace*. Cambridge Mass: Willey-Blackwell
- Torbert, W.R & Taylor, S.S. (2008). Action Inquiry: Interweaving Multiple Qualities of Attention for Timely Action. In H. Bradbury & P. Reason (Hrsg.), *Sage Handbook of Action Research*, 2. Aufl. London: SAGE publications Ltd,
- Wagenschein, M. (1983). *Erinnerungen für morgen. Eine pädagogische Autobiographie*. English translation. Weinheim, Basel: Beltz Verlag

Genetisches Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften?

In seinem Aufsatz „Zum Problem des Genetischen Lehrens“ entwickelt Martin Wagenschein (1965/1999) seine klassisch gewordene Vision von *inquiry based learning*: es geht um Methodik und Ziele von *Lehrgängen*, in denen ein exemplarischer Inhalt durch die Lerner entlang ihrer eignen Fragen, Ideen und Auseinandersetzungen nachvollzogen, ja: entdeckt wird. Wir benutzen zwei seiner eigenen Beispiele aus Mathematik und Physik, um das jeweils zugrunde liegende „Drehbuch“ herauszuarbeiten. Es stellt sich heraus, dass physikalische Themen grundlegend anders erschlossen werden als mathematische Themen: Methodik und Denkbewegungen, ja im Grunde die ganze Dramaturgien unterscheiden sich.

Genetisches Lehren bei Wagenschein

In seinem Text „Zum Problem des Genetischen Lehrens“ entwickelt Wagenschein (1965/1999) ein Ideal für mathematisches und naturwissenschaftliches Lehren, das seine Anziehungskraft bis heute bewahren konnte: Der jeweilige Inhalt möge nicht – wie üblich – darlegend behandelt werden, sondern sich aus einem Prozess entwickeln, indem aus der (durch den Lehrer geeignet vorzugebenden) Problemstellung – der *Exposition* – die nötigen und wesentlichen Perspektiven, Fragen und Evidenzmomente gewissermaßen aus der Sache selbst hervorgebracht (und eben nicht durch den Lehrer geliefert) werden. Wagenschein nennt neben diesem genetischen Prinzip zwei weitere konstituierende methodischen Motive: das exemplarische und das sokratische Prinzip. Ersteres ergibt sich aus der Sache: der Aufwand an Zeit, Kommunikation etc. für den genetischen Prozess ist so groß, dass eine thematische Beschränkung nötig ist. Das sokratische Prinzip ist Wagenschein wichtig, weil er annimmt, dass die *im Gespräch* mit anderen geführte Auseinandersetzung besonders geeignet ist, das „Werden“ des Prozesses und der dafür nötige „Erwachen der geistigen Kräfte“ (Wagenschein) zu fördern.

Als Ziel dieses Vorgehens nennt Wagenschein die *formatio* der Schüler – ein *Bildungs-*begriff, den er sich neutral, „nüchtern“ wünscht und in drei Unterziele aufteilt: Die „Tugenden“, also: Fähigkeiten der *produktiven Findigkeit*, die *Einwurzelung* oder *Enracinement* und das *kritische Vermögen*. Hier handelt es sich, kurz gesagt, um die Möglichkeit, produktiv zu denken, das Bewahren des Zusammenhangs von Lebenswirklichkeit und Schulstoff und die „sichernden Instanz“, die Neues und Gewusstes in ein angemessenes Verhältnis setzt. Jedes der drei Ziele genetischen Lehrens lässt sich auf die eine oder andere Weise auf jedes der drei methodischen Prinzipien beziehen. Für das hier behandelte Anliegen von konkreter Bedeutung ist das Verhältnis von „Genese“, den sokratischen Prinzipien und den Denkungsarten, die den Untersuchungsprozess tragen. Dies soll nun konkretisiert werden.

Zwei Beispiele: Die Reihe der Primzahlen und die periodische Struktur des Lichts

Als Beispiel für einen Genetischen Lehrgang aus dem Reich der Mathematik sei ein Unterrichtsbeispiel aufgegriffen, in dem Wagenschein (1970a) mit Schülern das Nicht-Abbrechen der Reihe der Primzahlen erarbeitet. Der klassische Beweis für diesen Umstand geht auf Euklid zurück und beruht auf der *reductio ad absurdum*: Angenommen, p sei die größte Primzahl. Dann wäre die Zahl $q=2\cdot3\cdot5\cdot\dots\cdot p+1$ größer als p , durch keine der Primzahlen $1,\dots,p$ ohne Rest teilbar (und also entweder selber prim) oder aber sie hätte Primteiler, die selbst größer p wären.

Wagenschein beschreibt dazu eine Sequenz von Unterrichtseinheiten, in denen er dem Sachverhalt mit einer Schülergruppe nachgeht. Dabei ergeben sich eine Reihe von Hypothesen bzw. Stationen:

- Primzahlen sind von der Form $p=2n+1$.
- Primzahlen haben die Form $p=6n±1$.
- Krise: Worum ging es eigentlich? Und wie wird es (nicht) erreicht?
- Ist p prim, so auch $q=2·3·5·...·p+1$.
- Ein Gegenbeispiel wird gefunden; zuletzt aber: Entweder ist q prim oder aber es gibt prime Teiler $>p$.

Der Unterrichtsgang bildet also nach heuristischen Anfängen den Gedankengang des klassischen Beweises recht direkt nach.

Sein fiktiver Dialog zur periodischen Struktur des Lichtes (Wagenschein, 1970b) ist demgegenüber von anderer Art: Der Lehrende beginnt gegenüber dem Erkenntnis-Suchenden zunächst mit einer Begriffsklärung, die das populärwissenschaftliche Halbwissen zum Thema zurückweist. Nach einführenden Freihandversuchen gibt es einen methodischen Exkurs dazu, wie weitere Schritte sinnvollerweise anhand von gezielten Experimenten (im Gegensatz zur zufälligen Beobachtung) zu erfolgen haben. Mit einer Kerze und einem improvisierten Beugungsspalt werden dann weitere wesentliche Beobachtungen gemacht. Der Text endet u.a. mit einem Ausblick auf weitere apparative Verbesserungen.

Zwei Arten der Untersuchung

Die Entwicklung des gedanklichen Zusammenhangs verläuft in den beiden Beispielen durchaus unterschiedlich. Der Satz zum Nicht-Abreißen der Primzahlenreihe erfolgt in Zyklen, bei denen das jeweils Erreichte aufgrund logischer Überlegungen zurückgewiesen und durch neue Hypothesen weiterentwickelt werden kann. Die Auseinandersetzung mit der Beugung geschieht anhand gezielter Beobachtungen, die Weiterentwicklung ist nicht nur begrifflicher, sondern auch praktischer Natur: Auch die Beobachtungsmöglichkeiten werden verfeinert. Abb. 1 zeigt die beiden Situationen schematisch – *inquiry* beruht einmal auf dem Zusammenspiel von formativen Tugenden (*links*), die einen logischen Konflikt *des Lerners* klären, im anderen Fall aber auf der Auswertung von Investigationsvorschlägen *des Lehrers*.

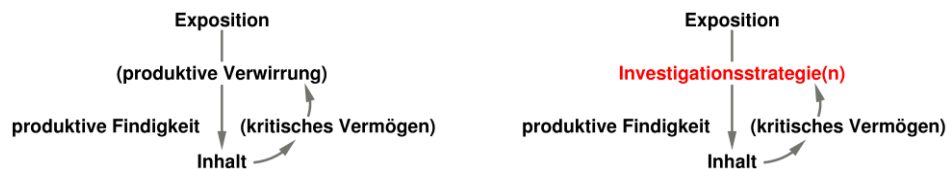


Abb. 1: Schematische Darstellung der Lehr-Dramaturgie aus den beiden Beispielen.

Das mathematische Beispiel (*links*) wird in Zyklen von Problemstellung, Hypothesenbildung, Griff und ggf. Verwerfen aus logischen Gründen erschlossen. Das naturwissenschaftliche Beispiel „Beugung“ erschließt sich entlang gezielt angeregter Erfahrungen, die zunehmend verfeinert werden.

Diese zwei Arten der Lehr-Dramaturgie lassen sich auch in anderen Lehrgängen Wagenscheins und anderer Autoren finden. Ein weiteres mathematisches Beispiel betrifft etwa die Konstruktion des Umkreises für ein Dreieck (Eisenhauer, 1986); Beispiele für die jeweils verwendeten naturwissenschaftlichen Investigationsstrategien sind vielfältig: Astronomische Beobachtungen für die „Erfahrung des Erdballs“ (Wagenschein, 1970c), Zeit- und Streckenmessungen beim Fallgesetz (Wagenschein, 1962), ein Zauberkunststück beim Erarbeiten der Massenträgheit (Thiel, 2012) usw. Fundamental verschieden ist dabei die Rolle des

kritischen Vermögen: Für mathematische Themen geht es um die logische Konsistenz des jeweiligen Standes der Konzeptualisierung, das Aufzeigen von Widersprüchen u.ä. – im Grunde also um analytische Denkbewegungen und kategorische Urteile. Für den Umgang mit Naturwissenschaften sind andere Denkbewegungen gefragt: Es wird ein geeigneter konzeptioneller Rahmen gesucht, es werden Sprechweisen erfunden und verfeinert, verbesserte oder neue Beobachtungsmöglichkeiten gesucht – alles Instanzen der abwägenden Reflexion bzw. Beispiele für modale Urteile. Gemeinsam ist beiden Arten von kritischem Vermögen die Ausrichtung hin auf konzeptionelle Kohärenz.

Zusammenfassung

Genetische Lehrgänge im Sinne Wagenscheins betonen die Momente des entdeckenden Lernens und des *inquiry* im Sinne fachtypischer Untersuchungen. Sie folgen auf dem Gebiet der Naturwissenschaften jedoch einer anderen Methodik als auf dem Gebiet der Mathematik. Wagenschein war sich, trotz der Nähe seiner Begrifflichkeit zum aristotelischen Konzept der dianoetischen Tugenden (Holt, 2002), dieser Problematik offenbar nicht bewusst. Die Unterschiede liegen im jeweiligen Charakter des kritischen Vermögen, in der Lehrpraxis auch in der für den Lehrgang nötigen Lehrerrolle – diese kann für ein naturwissenschaftliches Thema nicht gleich „sokratisch“ sein wie im Gebiet der Mathematik, weil die Art der Investigation und die angestrebte Begriffsbildung viel enger zusammenhängen. Mathematik ist in diesem Sinn gewissermaßen (weitgehend) voraussetzungslos. Es ist klar, dass auch andere Formen des IQB diese Motive berücksichtigen müssen: Naturwissenschaften fordern in ihrem praktischen Charakter ihre spezifische „Kunst der Untersuchung“ (Theilmann, 2011), die die Gegenstände des Fachs ebenso konstituiert wie deren begrifflichen Zusammenhang.

Literatur

- Eisenhauer, H. (1986). ...gleich lange Wege... Erziehungswissenschaft – Erziehungskunst, 3, 33-36
- Holt, L. (2002). *Apprehension. Reason in the Absence of Rules*. Burlington: Ashgate
- Theilmann, F. (2011). Die Kunst der naturwissenschaftlichen Untersuchung. *Chimica etc. artes didacticae*, 57-72 bzw. http://www.chimica.de/pdf/Theilmann_2.pdf
- Thiel, S. (2012). Über die Würde von Kinderaussagen – Analyse eines Unterrichtsprotokolls. *Sache-Wort-Zahl*, 128, 42-47
- Wagenschein, M. (1962). Das Fallgesetz als ein für die Mathematisierbarkeit gewisser natürlicher Abläufe exemplarisches Thema. In ders. (Hrsg.), *Die pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig: Westermann, 288-293
- Wagenschein, M. (1965/1999). Zum Problem des Genetischen Lehrens. In ders. (Hrsg.), *Verstehen lehren*. Weinheim: Beltz, 55-103
- Wagenschein, M. (1970a). Ein Unterrichtsgespräch zu dem Satz des Euklids über das Nicht-Abbrechen der Primzahlenfolge. In ders. (Hrsg.), *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken I*, Stuttgart: Klett, 102-110
- Wagenschein, M. (1970b). Die periodische Struktur des Lichtes. In ders. (Hrsg.), *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken II*, Stuttgart: Klett, 110-119
- Wagenschein, M. (1970c). Die Erfahrung des Erdballs. In ders. (Hrsg.), *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken II*, Stuttgart: Klett, 25-58

Lydia Murmann¹
 Markus Rehm²
 Peter Buck²

¹Gesamtschule Bremen-Mitte
²Pädagogische Hochschule Heidelberg

Phänomenologische Prämissen für Inquiry Based Learning

Inquiry Based Learning ist Lernen auf der Basis forschenden Handelns. Es ist dem Experimentieren zumindest eng verwandt, wird sogar häufig synonym verwendet, ist aber nicht zwingend an einen naturwissenschaftlichen Kontext gebunden. Forschendes Lernen kann an Stelle von Experimenten oder zusätzlich zu ihnen auch Recherchen, nicht-experimentelle Datenerhebungen oder Quellenanalysen einschließen. Unabhängig vom fachlichen Kontext verknüpft das didaktische Konzept aktives und nicht ausschließlich rezeptives Handeln mit der Zielvorstellung von Erkenntnisgewinn, Lernprozessen oder Erfahrungszuwachs auf Seiten der Lernenden. Im naturwissenschaftlichen Kontext liegt es nahe, experimentelles Handeln näher zu betrachten. Möglicherweise steht eine Versuchsanleitung zur Verfügung, möglicherweise ist die Fragestellung vorgegeben; das Ergebnis des Tuns ist jedoch vorher nicht bekannt. Intendiert sind also Handlungen der Lernenden, die nicht von irgendeiner, sondern von ihrer Fragehaltung getragen sind. Sofern eine Fragestellung vorgegeben ist, wird demnach erwartet, dass Lernende sich diese als handlungsleitendes kognitives Werkzeug aneignen.

Gibt es für ein so verstandenes Inquiry Based Learning spezifische Voraussetzungen, die Phänomenologen und Phänomenologinnen herausstellen oder betonen würden? Unterscheiden diese sich von konstruktivistischen oder anderen lernpsychologischen Theorie-rahmen? Wir wollen uns der Frage nähern, indem wir zunächst darstellen, worauf es verschiedenen Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern beim Experimentieren ankommt. Dies lässt sich nicht zuletzt daran ablesen, wie sie die nötigen oder erwarteten Kompetenzen von Lernenden beim Experimentieren beschreiben.

Kompetenzen beim Experimentieren

Wir finden in der aktuellen fachdidaktischen Literatur sehr verschiedene Kompetenzmodelle zum Experimentieren und wollen uns auf Beispiele konzentrieren (Hammann, 2004; Rehm, 2006), die im Hinblick auf phänomenologische Prämissen einen ergiebigen Kontrast bilden.

Hammann sowie andere AutorInnen (vgl. Grube, 2010) fokussieren auf folgende drei Kompetenzen (Modell I):

- Suche nach Hypothesen (Formulierung prüfbarer theoretischer Annahmen)
- Umgang mit Variablen (Variablenkontrolle)
- Analyse von Daten (Interpretation und Schlussfolgerung)

Rehm (2006) benennt folgende Kompetenzen (Modell II):

- Fragwürdigkeit erkennen
- Beziehung stiften
- Sinn stiften
- Phänomen verstehen

Offensichtlich besteht ein Unterschied der beiden Modelle in ihrer Bezugnahme auf die Lernenden selbst. Während Modell I sich auf deren kognitive Kompetenzen bezieht, die sich performativ validieren lassen, gründet Modell II auf Begriffen, die die Innenwelt der Lernen-

den betreffen: Erkennen, Beziehung, Sinn und Verstehen. Hier wird Experimentieren als eine Form der Weltaneignung verstanden, die ohne das handelnde, denkende und vorstellende Ich nicht beschreibbar ist. Rehms Modell versteht sich als phänomenologisches Kompetenzmodell.

Eine andere Differenz zwischen beiden Kompetenzmodelle deuten wir nach dem Wissenschaftshistoriker Friedrich Steinle als eine Differenz, die auch innerhalb der modernen Naturwissenschaft anzutreffen ist, nämlich der Differenz zwischen der herantastenden ersten Exploration und dem anschließenden zielgeleiteten („theoriebestimmten“) Handeln: *„Exploratives Arbeiten, die Revision von Grundbegriffen im Kontext breiter empirischer Forschung, fand und findet sich zu allen Zeiten und in sehr vielen Bereichen und kontrastiert zu einer ebenfalls anzutreffenden theoriebestimmten Arbeitsweise“* (Steinle, 2006, S. 202)

Lässt sich auch die phänomenologische Beschreibung von Kompetenzen empirisch beobachten? Murmann (2008) hat nach der phänomenographischen Forschungsmethode von Marton (1981) Videodaten (von Christina Krumbacher) im Hinblick auf Handlungsmotive und Strategien experimentierender ZweitklässlerInnen ausgewertet. Den SchülerInnen wurden verschiedene Phänomene gezeigt (vgl. Murmann & Krumbacher, 2008) und Gelegenheit gegeben, sich selbsttätig mit dem Material zu beschäftigen, sich im Kleingruppengespräch zu äußern und anschließend erneut mit dem Material umzugehen. Die Daten wurden im Hinblick auf die Handlungsmotive der Kinder ausgewertet und folgende phänomenographische Kategorien wurden formuliert:

- Spielen - ästhetischer Zugang - Umgang mit dem Material
- Herausfinden wollen, WIE das Phänomen funktioniert
 - Das Phänomen reproduzieren wollen (ich kann das Phänomen selbst erzeugen)
 - Grenzen und Bedingungen des Phänomens kennen wollen (wann funktioniert es nicht?)
- Herausfinden, WARUM das Phänomen zustande kommt: Erklärungen und Gründe suchen.

Diese Kategorien sind unabhängig von Rehms Kompetenzmodell entstanden, dessen Kompetenzstufen lassen sich jedoch darauf abbilden.

Kategorie 1 bezieht sich auf SchülerInnen, die keinerlei Anzeichen einer eigenen Frage zeigten (keine der Kompetenzen aus Modell II ist erkennbar). Kategorie 2 bezieht sich auf SchülerInnen, deren Handlungen deutlich zeigten, dass sie das Phänomen für rätselhaft bzw. fragwürdig hielten und die herausfinden wollten, wie sie es selber erzeugen können (Fragwürdigkeit erkennen, Beziehung stiften, in Ansätzen Sinn stiften). Kategorie 3 bezieht sich auf SchülerInnen, die zusätzlich zu explorativem Handeln auch Erklärungen und Gründe für das Auftreten des Phänomens suchten, es also verstehen wollten (Sinn stiften, Phänomen verstehen).

Sowohl Rehms Kompetenzmodell als auch Murmanns explorative Studie fokussieren auf die Auseinandersetzung der Lernenden mit Phänomenen und versuchen diese zu rekonstruieren. Die Beschreibung von Kompetenz sowie die Rekonstruktion der Auseinandersetzung mit dem Phänomen sind fachdidaktisch motiviert, orientieren sich aber nicht in erster Linie an fachlichen Kriterien.

Die Studie von Murmann (2008) zeigt, dass es möglich ist, ein postuliertes Kompetenzmodell, das phänomenologischen Prämissen folgt (siehe unten), prinzipiell durch einen vom Kompetenzmodell zunächst unabhängigen Zugang zum Feld (hier: Handlungsmotive und

Strategien experimentierender ZweitklässlerInnen) empirisch zu stützen. Weitere Studien dieser Art könnten dann auch zur Validierung beitragen. Auf einer wissenschaftstheoretischen Ebene bedeutet das, dass empirische Bildungsforschung auch unter phänomenologischen Prämissen stattfindet, diese Prämissen aber den forschungsmethodischen Zugang leiten.

Es sind (mindestens) drei phänomenologische Prämissen, auf die sowohl Murmann als auch Rehm rekurren:

- die *epistemologische* Prämisse, die auf Edmund Husserls Grundfigur zurückgeht: Erkenntnis und Verstehen werden als Akte einer Beziehungsstiftung zwischen dem erkennenden Ich und der sich zeigenden Gegenstandswelt angesehen (etwa Husserl, 1958). Weil es sich um eine ‚Beziehungsstiftung‘ handelt (und nicht um ein Konstrukt), ist jegliches Erkennen und Verstehen weder von seinem Gegenstand noch von seiner personalen Herkunft abtrennbar. Positiv gesprochen: Person *und* Gegenstand *konstituieren* das Phänomen. Im angelsächsischen Sprachraum spricht man hier von der *first-person perspective* (etwa Smith, 2007, S. 184).
- die *forschungsmethodische* Prämisse: Mit dem Regelwerk der Phänomenographie ist eine elaborierte Forschungsmethode verfügbar, mit der empirisch und zugleich qualitativ methodengeleitet – aus einer *second order perspective* (Marton & Booth, 1997, S. 117ff und 164f) – ermittelt werden kann, wie die im Modell II genannten Kompetenzen inhaltlich näher spezifiziert werden können (vgl. Marton & Booth, 1997).
- die *erziehungswissenschaftliche* Prämisse: Es wird davon ausgegangen, dass mit dem Lernen im Unterricht unabtrennbar Identitätsarbeit (Keupp et al., 2002) geleistet wird, die zwangsläufig hochgradig individuell verläuft. Diese Voraussetzung bedingt zugleich den Bezug auf eine philosophische Fundamentierung, wie sie die Phänomenologie Husserls oder andere ähnliche Phänomenologien bereitstellen, welche das erkennende, lernende, verstehende Subjekt zum Ausgangspunkt nehmen (siehe *epistemologische* Prämisse).

Literatur:

- Grube, C. (2010). Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:34-2011041537247>
- Hamann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodell. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. MNU, 57, 196-203
- Husserl, E. (1958). Die Idee der Phänomenologie. Den Haag: Martinus Nijhoff
- Keupp, H., Ahbe, Th., Gmüt, W., Höfer, R., Mitzscherlich, B., Kraus, W. & Straus, F. (2002). Identitätskonstruktionen – Das Patchwork der Identitäten in der Spätmoderne. 2. Aufl. Reinbek: Rowohlt Taschenbuch Verlag
- Marton, F. (1981). Phenomenography – describing conceptions of the world around us. Instructional Science, 10, 177-200
- Marton, F. & Booth, S. (1997). Learning and Awareness. Mahwah: N. J. Lawrence Erlbaum Ass
- Murmann, L. & Krumbacher, C. (2008). Intuitive Strategien der praktisch-experimentellen Erkenntnisgewinnung. In D. Höttecke (Hrsg.): Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Münster: Lit, 299-301
- Murmann, L. (2008). Exploring natural phenomena. Paper presented at EARLI –SIG meeting, Kristianstad, May 22nd -24th 2008, Schweden
http://www.distans.hkr.se/sig9/download/download-filer/Full%20paper_%20L%20Murmann.pdf
- Rehm, M. (2006). Allgemeine naturwissenschaftliche Bildung - Entwicklung eines vom Verstehen ausgehenden Kompetenzbegriffs. ZfdN, 12, 23-44
- Smith, D.W. (2007). Husserl. London, New York: Routledge
- Steinle, F. (2006). „Das Nächste ans Nächste reihen“: Goethe, Newton und das Experiment. In J. Grebe-Ellis & F. Theilmann (Hrsg.), open eyes 2005. Berlin: Logos, 179-202

Arne Dittmer
 Jürgen Menthe
 Ulrich Gebhard
 Dietmar Höttecke

Universität Hamburg

Hamburger Perspektiven auf Bewertungskompetenz

Das gemeinsame Interesse der in diesem Symposium vertretenen Autoren aus den drei Didaktiken der Naturwissenschaft der Universität Hamburg ist es, die Bedeutung impliziter Vorstellungen und intuitiver Urteile in Hinblick auf das naturwissenschaftsdidaktische Forschungsfeld „Bewertungskompetenz“ herauszuarbeiten.

Motiviert ist dieses Ansinnen durch die kritische Einschätzung, dass die gegenwärtigen naturwissenschaftsdidaktischen Aktivitäten zur Implementierung des Kompetenzbereichs „Bewertung“ und die hiermit in Zusammenhang stehende Kompetenzmodellierung und -diagnostik vornehmlich durch eine rationalistische, argumentationsorientierte und somit einseitige Position geprägt sind. In der naturwissenschaftsdidaktischen Theoriebildung und Forschung in diesem Bereich wird wenig Bezug auf die intuitiv-heuristische Dimension ethischen Bewertens genommen (Hostenbach, 2012), obgleich dieser Dimension in der zeitgenössischen Entscheidungsforschung eine hohe Bedeutung beigemessen wird (Goschke & Bolte, 2002). Folglich bildet sich die Bedeutung impliziter Vorstellungen und intuitiven Urteilens auch nicht in der Diskussion über Unterrichtsmodelle oder über die Konsequenzen für die Lehrerbildung ab.

Intuitionen, Emotionen und das Phänomen der nachträglichen Begründung

Vor diesem Hintergrund treten die Vertreter dieses Symposium einer einseitigen Rational-Choice-Fokussierung entgegen, die – damit menschliches Entscheiden und Bewerten in den naturwissenschaftsdidaktischen Konzeptionen adäquat abgebildet wird – um einschlägige psychologische und sozialwissenschaftliche Erklärungsansätze erweitert werden muss (vgl. Dittmer & Gebhard, 2012).

Zusammenfassend lassen sich drei Argumente nennen, um bei der didaktischen Strukturierung von Fachunterricht und entsprechender Module für die Lehrerbildung nicht zu kurz zu greifen, d.h. sich nicht nur der rationalen Seite (ethischer) Argumentation und Urteilsbildung zuzuwenden:

- Bei Bewertungen sind zwei kognitive Informationsverarbeitungsprozesse involviert: Obligatorisch ablaufende intuitive (bzw. automatisierte) und fakultativ genutzte reflexive (bzw. kontrollierte) Prozesse (vgl. Evans, 2007; Kahneman, 2012). Die Bedeutung des bewussten Nachdenkens und der bewussten Entscheidungsfindung wird traditionell überschätzt.
- Bewusstes Nachdenken ist motiviert. Wir fangen erst damit an, wenn wir dazu die Absicht haben oder aufgefordert werden und generieren "Post-hoc-Rechtfertigungen" bereits getroffener Urteile oder unseres Verhaltens. Nachträgliche Begründungen erwecken den Anschein objektiver Begründungen, basieren aber auf intuitiven (Vor)-Urteilen (Haidt, 2001).
- Moralisches Handeln hängt stärker mit emotionalen als mit argumentationsbasierten Entscheidungen zusammen (Zajonc, 1980).

Es geht bei der Auseinandersetzung mit der gegenwärtigen Situation nicht darum, polarisierend zwei denkbare Forschungsparadigmen gegeneinander abzuwägen – und am Ende für die eigene, vermeintlich bessere zu werben – vor allem geht es um eine

Erweiterung der Theorieperspektive und hiermit verbundene Konsequenzen für fachdidaktische Forschung und den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Allen Akteuren im naturwissenschaftsdidaktischen Diskurs über Bewertungskompetenz geht es um die Förderung entsprechender Fähigkeiten. Die Konzeptionen von Bögeholz oder Höhle zielen auf die Steigerung argumentativer Fähigkeiten oder die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel (Bögeholz et al., 2004). Die intuitionistische Perspektive akzentuiert die Bedeutung lebensweltlich und persönlich bedeutsamer und häufig auch kulturell tradierter Vorstellungen, die in ethischen Bewertungsprozessen entscheidungs- und handlungsleitend sind.

Conceptual Growth

Jürgen Menthe und Peter Düker knüpfen in ihrem Beitrag an das Credo der Conceptual Growth-Forschung an, dass Lernangebote dann zu einer Erweiterung der Handlungsfähigkeit führen, wenn sie vorhandene Konzepte der Schüler/innen aufgreifen und wirksam herausfordern. Bezüglich der unterrichtlichen Förderung von Bewertungskompetenz bedeutet dies zweierlei:

- Die Förderung von Bewertungskompetenz muss vom beobachtbaren Urteilen und Entscheiden Lernender ausgehen und das vorhandene Repertoire an Urteilsstrategien aufgreifen. Dabei ist in Rechnung zu stellen, dass sowohl die Entscheidungspsychologie als auch die Soziologie vielfältige Erklärungsmodelle dafür liefern, warum auf der Rational Choice Theorie basierende Ansätze reales Handeln von Lernenden systematisch verfehlen – und sich folglich auch nur bedingt eignen, die reale Bewertungskompetenz von Lernenden (jenseits unterrichtlicher Testsituationen) zu fördern.
- Urteilen und Entscheiden muss Bezug nehmen auf Themen und Formulierungen aus der Lebenswelt der Lernenden. Es ist in vielerlei Hinsicht eine Übersetzungsleistung bzw. ein Inbeziehungsetzen von (bewährten) Präkonzepten in neue Inhalte und Strategien. Es wird vorgeschlagen, alternative Ansätze (Entscheiden auf Basis von Heuristiken, Rolle von Intuitionen, habitusbedingte Vor-Urteile) zu berücksichtigen, die stärker auf das alltägliche Urteilen von Individuen Bezug nehmen. In einem zweiten Schritt – und auch nur, wo dies aus dem Kontext heraus wünschenswert und angezeigt ist (z.B. bei kollektiven Entscheidungen) – werden Überlegungen vorgestellt, wie eine Rationalisierung des Urteilsprozederes erreicht werden könnte.

Subjektive Orientierungen und Emotionen

Der aktuelle fachdidaktische Diskurs über Bewertungskompetenz präferiert ein rationales Kalkül des Urteilens unter Annahme eines quasi freien Menschen. Am Beispiel Klimawandel werden in Dietmar Hötteckes Beitrag diese Grundannahmen kritisch hinterfragt. Die Orientierung an intuitiven Affektheuristiken ist der Normalfall. Sie ist kognitiv entlastend und maximiert den persönlichen Nutzen. In Intuitionen verdichtet sich implizites und auf Erfahrung gegründetes Wissen, das durch Mechanismen assoziativen Lernens im Langzeitgedächtnis gespeichert wurde und sich in Entscheidungssituationen als spontanes Gefühl äußert. Entsprechend sind Emotionen beim Urteilen und Entscheiden mit geringem kognitivem Aufwand hochbedeutsam. Weiterhin können soziale Rollen und institutionell-systemisch bedingte Interessen Einfluss auf die Wahl und Attributierung von Handlungsoptionen nehmen.

Alltagsphantasien: Die Bedeutung impliziter Welt- und Menschenbilder

Ulrich Gebhard arbeitet in seinem Beitrag die Bedeutung sozial und kulturell vermittelter Welt- und Menschenbilder in ethischen Auseinandersetzungen heraus und berücksichtigt dabei kognitionspsychologische und fachdidaktische Aspekte (Gebhard, 2007). Indem Alltagsphantasien gleichsam als Indikatoren bzw. Vehikel für Figuren des Welt- und

Menschenbildes im Unterricht explizit thematisiert werden, erhält der Unterricht eine besondere philosophische, ethische und fachübergreifende Dignität (Combe & Gebhard, 2012). Am Beispiel naturalistischer Argumentationsfiguren wird die Fruchtbarkeit dieses Ansatzes theoretisch und empirisch (Biologieunterricht) gezeigt. Naturwissenschaftliche Konzepte vermengen sich nämlich mit lebensweltlich und kulturell verankerten Welt- und Menschenbildern. Für die Physik ist hier die sogenannte „Kopernikanische Wende“ oder die Relativitätstheorie zu nennen, für die Biologie die Evolutionstheorie oder auch die moderne Hirnforschung. Und auch die Chemie hat spätestens mit der Harnstoffsynthese („Synthetische Chemie“) den Glauben an die Mach- und Herstellbarkeit von organischen Substanzen befördert.

Fachkulturelle Barrieren und der ethische Diskurs

Arne Dittmer geht in seinem Beitrag auf eine sozial-intuitionistische Interpretation (Haidt, 2001) von ethischer Bewertungskompetenz ein und thematisiert zugleich fachkulturelle Barrieren, die einer vertiefenden Auseinandersetzung mit ethischen Fragestellungen immer wieder entgegenstehen. Demgegenüber wird die Methode des Philosophierens mit Kindern und Jugendlichen (vgl. Michalik, Müller & Niebeler, 2009) als ein diskursiver und konsequent schülerorientierter Ansatz vorgestellt, der eine Thematisierung und Erhebung intuitiver Vorstellungen in forschungs- und unterrichtspraktischer Hinsicht ermöglicht. Hauptaugenmerk gilt der didaktischen Haltung von Lehrkräften gegenüber bio-, umwelt- und wissenschaftsethischen Problemlagen, bei denen auch grundlegende Aspekte des Selbst- und Weltverständnisses oder emotionale Irritationen eine Rolle spielen können, die wiederum einen sensiblen und respektvollen Umgang erfordern.

Literatur

- Bögeholz, S., Hößle, C., Langlet, J., Sander, E. & Schlüter, K. (2004). Bewerten – Urteilen – Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 89-115
- Combe, A. & Gebhard, U. (2012). *Verstehen im Unterricht. Die Rolle von Phantasie und Erfahrung*. Wiesbaden: Springer VS
- Dittmer, A. & Gebhard, U. (2012). Stichwort Bewertungskompetenz: Ethik im naturwissenschaftlichen Unterricht aus sozial-intuitionistischer Perspektive. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 81-98
- Evans, J.S.B.T. (2007). Dual-Processing Accounts of Reasoning, Judgement, and Social Cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 255-278
- Gebhard, U. (2007). Intuitive Vorstellungen bei Denk- und Lernprozessen: Der Ansatz „Alltagsphantasien“. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Handbuch der Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Heidelberg: Springer, 117-128
- Goschke, T. & Bolte, A. (2002). Emotion, Kognition und Intuition: Implikationen der empirischen Forschung für das Verständnis moralischer Urteilsprozesse. In S. A. Döring & V. Meyer (Hrsg.), *Die Moralität der Gefühle*. Berlin: Akademie Verlag, 39-57
- Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgement. *Psychological Review*, 108, 814-834
- Hostenbach, J., Fischer, H., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E., Walpuski, M. (2011): Modellierung der Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zur Evaluation der Nationalen Bildungsstandards. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 261-288
- Kahneman, D. (2012). *Thinking, Fast and Slow*. New York, London: Penguin Psychology
- Michalik, K., Müller, H.-J. & Niebeler, A. (Hrsg.) (2009). *Philosophie als Bestandteil wissenschaftlicher Grundbildung? Möglichkeiten der Förderung des Wissenschaftsverständnisses in der Grundschule durch das Philosophieren mit Kindern*. Berlin: LIT-Verlag
- Zajonc, R.B. (1980). Feeling and thinking: Preferences need no inferences. *American Psychologist*, 35, 151-175

Wie Subjekte urteilen und entscheiden **Habitus, Intuitionen, implizites Wissen und bewährte Strategien**

Die im aktuellen Diskurs zur Förderung und Erfassung von Bewertungskompetenz häufig diskutierten Arbeiten – etwa das Göttinger Modell der Bewertungskompetenz, Modelle zur moralischen Urteilsfähigkeit (Oldenburg) oder das ESNaS-Modell – haben einige bedeutende Gemeinsamkeiten:

- Sie erklären Urteils- und Entscheidungsprozesse wesentlich mittels der Rational Choice-Theorie und angelehnt an Nutzenwerttheorien (MAU, SEU).
- Ihnen liegt ein (mehr oder weniger) standardisiertes Procedere angemessenen Urteilens zu Grunde (in Form bestimmter Schrittfolgen und / oder angelehnt an bestimmte Raster).
- Intuitionen, implizites Wissen, Präkonzepte, unbewusste Vorgänge spielen in diesem Verständnis von Bewertungskompetenz keine zentrale Rolle.
- Die in der Kognitionspsychologie und den Neurowissenschaften populäre Unterscheidung von intuitiven (schnellen, stets ablaufenden) und reflexiven (bewussten, langsamen, kognitiv aufwändigen) Informationsverarbeitungsprozessen wird für das Urteilen und Entscheiden nicht thematisiert (Kahneman, 2012).
- Die Subjektperspektive, reale Schülerurteile und von Lernenden angewandte Strategien des Urteilens und Bewertens werden kaum gewürdigt und aufgegriffen.

Zur Veranschaulichung soll der rationale Entscheidungsprozess kurz mittels der Multi Attribute Utility (MAU) Theorie, einer prominenten Nutzenwerttheorie, vorgestellt werden. Man stelle sich vor, eine Schülerin stehe vor der Wahl, ein neues Zweirad zu kaufen. Sie müsste zunächst Optionen generieren (z.B. Fahrrad, Roller, Motorrad u.v.m.). Diesem Schritt würde gemäß der MAU-Theorie das Aufstellen von Kriterien folgen, sodann die Bewertung der Optionen auf den einzelnen Kriterien, die Gewichtung der Kriterien, die Bildung der Produkte aus Kriteriengewichtung und -wert und die Summierung dieser Produkte für jede Option. Anschließend entscheidet der höchste Gesamtnutzenwert, welche Option richtigerweise gewählt wird. Es stellen sich zwei Fragen: Urteilen Subjekte so? Und wenn nicht, sollten sie so urteilen? Denn trotz des hohen kognitiven Aufwands dieser Methode lässt sich mit ihr fast jede intuitive Entscheidung rechtfertigen – ein wenig Phantasie vorausgesetzt.

Wir glauben, dass ein solches, am Bild des homo oeconomicus orientiertes und das Urteilen auf bewusstes Abwägen reduzierendes, Verständnis von Entscheidungsprozessen (und demnach von Bewertungskompetenz) aus mindestens zwei Gründen problematisch ist: 1.) Weder Schüler/innen noch Erwachsene entscheiden in ihrem Alltag so, wie Nutzenwerttheorien das nahelegen. 2.) Selbst wenn eine Person – etwa im Falle einer besonders wichtigen Frage – so vorgeht, ist mitnichten sichergestellt, dass auf diesem Wege eine rationale Entscheidung zustande kommt. Intuitionen wirken auf den rationalen Entscheidungsprozess ein, indem sie die Gewichtung verschiedener Attribute beeinflussen. Die Wirksamkeit intuitiver Prozesse zur Kenntnis zu nehmen, stellt insofern eine sine qua non dar, um sich dem Ziel reflektierten Entscheidens anzunähern. Bleibt der Einfluss intuitiver Überzeugungen und „Vor-Urteile“ unbeachtet, so liefert eine ausführliche, rationale Abwägung möglicherweise nicht mehr als die posthoc-Rechtfertigung eines intuitiv gefällten Urteils.

Die Bedeutung verwurzelter und rational nicht (oder nur mühsam) verfügbarer Überzeugungen, Assoziationen und Konzepte für das Lernen ist Gegenstand der in der Didaktik der Naturwissenschaften zu Recht sehr einflussreichen Conceptual Change Forschung. Im Bereich der Förderung der Bewertungskompetenz spielt dieser Ansatz allerdings bislang kaum eine Rolle, obgleich Parallelen offensichtlich sind (Menthe, 2012):

- Auch die Förderung der Bewertungskompetenz wird vor allem dann gelingen, wenn vorhandene Konzepte und Strategien des Urteilens und Bewertens der Schüler/innen aufgegriffen und ggf. gezielt herausgefordert werden. Es muss dabei Raum sein, verschiedene Vorgehensweisen zu thematisieren, zu vergleichen und Stärken und Schwächen unterschiedlicher Verfahren kennenzulernen. Nur so können Lernende vom Wert reflexiver, rationaler Verfahren überzeugt werden.

- Die Kernaussage der Conceptual Change Forschung ist, dass Lernende mit eigenen Vorstellungen und Erklärungen an wissenschaftliche Beobachtungen herantreten und dass diese den Ausgangspunkt der Verstehensbemühungen der Lernenden bilden, die – im Erfolgsfall – in der Erweiterung, Umdeutung oder auch dem Wechsel von Vorstellungen in Richtung wissenschaftlich akzeptierter Vorstellungen münden. Die Sprache spielt dabei eine entscheidende Rolle, Verstehen ist stets auch der Versuch, wissenschaftliche Begriffe und Phänomene in die eigene Sprache zu übersetzen. In ähnlicher Weise müsste auch beim Urteilen und Bewerten von vorhandenen lebensweltlichen Einschätzungen, Vorurteilen und Überzeugungen der Lernenden ausgegangen werden. Diese biographisch informierten und sich in Intuitionen und Ahnungen ausdrückenden Impulse müssen zunächst veröffentlicht und diskutiert werden, damit die unterrichtliche, auf Fachwissen und Expertise abstellende Auseinandersetzung über wichtige Entscheidungsfragen auf fruchtbaren Boden fällt. Soziologisch lässt sich überzeugend darlegen, dass ein Anerkennen von Intuitionen für einen Unterricht, der vom Lernsubjekt ausgeht, unverzichtbar ist. Schülerinnen und Schüler verfügen bereits über einen durch Erfahrung gebildeten Habitus. Als unverzichtbares Erzeugungsprinzip sozialer Praxis (Bourdieu, 2001) wirkt er automatisch, ist aber dem Bewusstsein potentiell zugänglich. Es handelt sich um Denk-, Wahrnehmungs- und Handlungsmuster, die veränderbar sind, aber in der Regel nur dann verändert werden, wenn sie nicht mehr reibungslos funktionieren, d.h. in Folge von Irritationen. Hier ist eine Nähe zum Conceptual Change (Konfrontation mit „anomalous data“) erkennbar. Auch kann sich der Habitus nur im Rahmen der jeweiligen Möglichkeiten verändern. Wenn also einerseits intuitive Entscheidungen als Ausdruck der Persönlichkeit zu verstehen sind, andererseits zu Grunde liegende Muster nicht einfach durch andere ersetzt werden können, wird deutlich, dass die Ausbildung der Bewertungskompetenz mit der Ausbildung der Persönlichkeit verbunden ist und dass diese Persönlichkeit dafür zunächst in ihrer bereits vorhandenen Kompetenz anerkannt werden muss.

- Der Erwerb wissenschaftlicher Vorstellungen und die jeweils aktivierten Präkonzepte der Lernenden sind in vielfacher Weise kontextabhängig. Bestimmte Rahmenbedingungen erleichtern, andere erschweren die Annäherung an wissenschaftliche Sichtweisen. Nicht selten erweisen sich die Präkonzepte in bestimmten Alltagskontexten als überlegen, auch wenn parallel wissenschaftliche Vorstellungen ausgebildet werden (situated cognition). Gleiches gilt für die Bewertungskompetenz: Je nach Thematik und Anlass werden andere Überzeugungen aktiviert und es variieren die angemessenen Strategien, eine Entscheidung zu treffen. Damit einher geht eine zumindest teilweise Rehabilitierung auf einfache Heuristiken zurückgehender Entscheidungsweisen.

Aus dem letzten Punkt ergibt sich eine weitere wichtige Konsequenz: Wenn Lernende dazu gebracht werden sollen, in Entscheidungssituationen komplexe kompensatorische Strategien anzuwenden, so muss der Kontext das Anwenden solcher Strategien für die Schüler/innen als gewinnbringend und nützlich ausweisen, ansonsten werden sie keine Notwendigkeit

sehen, die gewünschten Verfahren (jenseits einer Klassenarbeit) anzuwenden. Soll beispielsweise eine kollektive Entscheidung getroffen werden – sei es über das Ziel der nächsten Klassenfahrt oder in einer fiktiven Debatte über den besten Standort für einen Windpark oder eine Müllverbrennungsanlage – sind rationale, ausweisbare und verhandelbare Argumente unabdingbar. Auch der soziale Prozess des Aushandelns, die Perspektivübernahme und die Berücksichtigung verschiedener Interessen erweisen sich in diesem Zusammenhang als sinnvoll und zielführend.

Im Rahmen solcher Entscheidungen können Lernende vom Nutzen kompensatorischer Strategien überzeugt werden, wobei stets zu beachten ist, dass die unmittelbaren Impulse in der Regel auf Intuitionen zurückgehen. Dass diese jedoch nicht das letzte Wort in der Sache haben können, wird im Rahmen kollektiver Entscheidungsfindungen schnell deutlich. Vor dem Hintergrund der hier vorgestellten Überlegungen sollte der theoretische Rahmen zur schulischen Förderung der Bewertungskompetenz erweitert werden. Kern der vorgeschlagenen Erweiterung ist es, das tatsächliche Urteilen und Entscheiden von Schüler/innen zum Ausgangspunkt der Förderung der Bewertungskompetenz zu machen und das vorhandene Repertoire an Entscheidungsstrategien aufzugreifen und weiter zu entwickeln. Fragen der Messbarkeit sollen zunächst bewusst ausgeklammert werden und dürfen jedenfalls nicht darüber entscheiden, was unter Bewertungskompetenz verstanden werden soll.

Folgende Facetten sollten dabei stärkere Beachtung finden:

- Bewertungskompetenz sollte vom urteilenden Subjekt aus gedacht werden, von dessen Präkonzepten, Motivation, Wertvorstellungen, Gefühlen.
- Die kognitiven Fähigkeiten von Schüler/innen müssen beachtet werden. Strategien zu vermitteln, die auch Erwachsene im Alltag überfordern würden, erscheinen für Alltagsentscheidungen fragwürdig, einfache Heuristiken (take the best, Rekognition) sind hier möglicherweise tragfähiger.
- Urteilen und Entscheiden basieren wesentlich auf Intuitionen, Habitus, Überzeugungen. Bewertungskompetenz muss umfassen, mit diesem Sachverhalt umzugehen – der Ausbreitung dieser Aspekte sollte auch im Unterricht Raum gegeben werden.
- (intuitive) „Vor-Urteile“ verdienen größere Beachtung. Diese können die Basis weitergehender Schritte der (posthoc-)Reflexion und Rationalisierung bilden.
- Die Bedeutung verschiedener Anwendungskontexte in Hinblick auf die jeweils angemessenen Strategien und legitimer Weise genutzten Argumente und Begründungen muss berücksichtigt werden (→ wann machen welche inhaltlichen/ fachlichen Bezüge aus Schülersicht Sinn?)
- Von besonderer Bedeutung sind die soziale Interaktion und die Verortung der Entscheidungsfrage. Welche Rolle spielt das gemeinsame Aushandeln, wie beeinflussen Argumente und Überzeugungen anderer das eigene Denken, welche besonderen Gesetzmäßigkeiten gelten für kollektiv zu entscheidende Fragen?

Literatur

- Bögeholz, S., Hößle, C., Sander, E. & Schlüter, K. (2004). Bewerten - Urteilen - Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 89-115
- Bourdieu, P. (1997/2001). Meditationen. Zur Kritik der scholastischen Vernunft, Frankfurt/Main: Suhrkamp
- Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgement. Psychological Review, 108, 814-834
- Kahneman, D. (2012). Thinking, Fast and Slow. New York, London: Penguin Psychology
- Menthe, J. (2012). Wider besseres Wissen?! Conceptual Change: Warum Lernen nicht notwendig zur Veränderung des Urteilens und Bewertens führt. Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung, Themenheft Urteilsbildung, 161-183

Subjektive Orientierungen beim Urteilen und Entscheiden Das Beispiel Klimawandel

Der Diskurs um Bildung für nachhaltige Entwicklung vermeidet es, klare Handlungs-direktiven zu entwerfen und empfiehlt stattdessen die Förderung eines Kompetenzgefüges, das zum Aushandeln, begründeten Entscheiden und an Nachhaltigkeit orientiertem Gestalten befähigt. Tatsächlich orientieren sich Menschen beim Urteilen und Entscheiden kaum an Prinzipien der Nachhaltigkeit. Empirische Forschung belegt, dass Umwelteinstellungen die Varianz des Umwelthandelns nur zu geringem Teil aufklärt (Ernst, 1997; Bögeholz, 1999; Rubitzko & Girwidz, 2009). Menschen treffen Entscheidungen über ihren täglichen Konsum, die Art wie sie reisen, bis hin zu politischen Entscheidungen oft ohne klaren Bezug zu Nachhaltigkeitsprinzipien.

Die Eurobarometer Studien der Europäischen Kommission (2009, 2011) zeigen, dass die Europäer für den Bereich kollektiver Entscheidungsträger wie Regierungen und Industrie im hohen Maße zustimmen, dass die jeweiligen Institutionen in der Pflicht stehen, für den Klimaschutz tätig zu werden. Es geben aber auch 64% der Befragten an, dass es die Bürger/innen selbst seien, die nicht genug gegen den Klimawandel täten. Eine persönliche Verantwortung wird nach einer Eurobarometer-Studie von 2011 nur von 21% der Europäer/innen anerkannt. Der Klimawandel stellt für die Bürger/innen zwar ein ernsthaftes Problem dar und MAN müsste auch dringend etwas dagegen tun, aber ICH muss das nicht unbedingt sein. Menschen urteilen und entscheiden offenbar kaum rational, sondern entlang ihrer subjektiven Orientierungen.

Urteilen und Entscheiden in komplexen Kontexten

Das Klimasystem der Erde ist äußerst komplex. Selbst Experten tun sich schwer damit, die entscheidenden Variablen des Systems Erde zu identifizieren und ihr Zusammenwirken zu modellieren. Diese Intransparenz des Klimasystems wird von Experten/innen in der Öffentlichkeit noch dazu unterschiedlich gedeutet. Der Klimadiskurs der letzten 25-30 Jahre ist vom Wechsel von Katastrophismus und Skeptizismus geprägt (Weingart, Engels & Pansegrau, 2002), weil langfristige klimatische Effekte anders als Wetter-Ereignisse gar nicht zur medialen Inszenierung taugen. Damit ist der Klimadiskurs bis heute eine Quelle der Verunsicherung über Sachverhalte und Handlungsoptionen, die Bereitschaft zum Handeln im Sinne der Nachhaltigkeit senken kann.

Zu der Komplexität der Systemdynamik des Klimasystems, das von wissenschaftlichen Laien kaum verstanden werden kann, gesellt sich eine Komplexität des medial vermittelten Klimadiskurses, dessen Kennzeichen nicht Sicherheit, sondern Unsicherheit ist. Menschliches Denken ist jedoch eher an linearen Ursache-Wirkungsketten anstatt an komplexen Ursache-Wirkungsnetzen orientiert, die das Denken schnell überfordern (Beyrerl, 2010; Ernst, 2010).

Die Konsequenzen der Wahl klimaschonender Handlungsoptionen sind in der Regel zeitlich und räumlich weit entfernt. Entsprechend schwer ist es, sich an Prinzipien der Nachhaltigkeit zu orientieren. Das Argument, mit einem Flug nach Mallorca schade man dem Klima, erscheint unglaubwürdig, und zwar nicht, weil wir gar nicht an die negativen Konsequenzen dieser Option glaubten, sondern weil wir sie in räumlich-zeitlicher Distanz imaginieren und entsprechend marginalisieren können. Das schwächt die Attraktivität von Verzichtsoptionen entscheidend (Ernst, 1997).

Handeln im Kontext von Klimawandel unterliegt zusätzlich einer ethischen Komplexität. Ob eine Handlungsoption einen Wert betrifft oder eine Norm verletzt, ist oft ohne weiteres gar

nicht erkennbar. Darüber hinaus können sich widersprechende Handlungsoptionen im Sinne sehr verschiedener Werte und Normen gerechtfertigt werden.

Die Psychologie weist darauf hin (Ernst, 2010), dass menschliches Denken darauf gerichtet ist, Komplexität zu reduzieren, indem es Fakten und Zusammenhänge vereinfacht, ausblendet, überoptimistisch bewertet oder linearisiert, um kognitive Überforderung zu vermeiden. Wir denken uns sozusagen die Dinge möglichst einfach.

Die Tragik der Allmende

Deutlich erschwerend kommt die sogenannte "Tragik der Allmende" hinzu (Ernst, 2010; Radkau, 2002): Der kollektive Nutzen einer von einer mittelalterlichen Bauern-Gemeinschaft genutzten Weidefläche, der Allmende, wird optimiert, wenn die Bauern sich alle am Gemeinwohl orientieren und die Fläche nicht überweiden. Der individuelle Nutzen eines Bauern lässt sich dagegen maximieren, wenn er mehr Vieh auf die Allmende treibt, als eine nachhaltige Nutzung erlauben würde. Der Nutzen liegt in diesem Fall ganz bei ihm, während der Schaden kollektiviert wird. Lässt sich die Tragik der Allmende noch dadurch entschärfen, dass soziale Spielregeln vereinbart und administrativ kontrolliert werden, ist dies im System Erde nicht ohne weiteres möglich. In Sachen Klimaschutz sind heute alle Bürger in der Allmende-Klemme: Handlungsoptionen, die an Nachhaltigkeit orientiert sind, kollektivieren den Nutzen (Klimaschutz) und individualisieren den Schaden (z.B. Verzicht auf Konsumoptionen). Letztlich bleibt der Klimawandel heute eine in ihren Konsequenzen nicht ganz geglaubte Erzählung über eine kollektive Bedrohungslage, an dem die Subjekte trotz aller oberflächlichen Anerkennung ihre jeweiligen Anteile weitgehend negieren und dabei Entscheidungen fällen, nach denen ihr individueller Nutzen zu Lasten des kollektiven Nutzens maximiert wird.

Erlebte Dilemmata

Entscheidungen im Kontext Klimawandel werden oft als ökologisch-soziale Dilemmata gedeutet, innerhalb derer Konflikte zwischen individuellen und kollektiven Interessen bzw. zwischen kurz- und langfristigem Wohlergehen ausgehandelt werden müssen (Ernst, 1997; Beyerl, 2010). Die Bereitschaft, sich für nachhaltige Handlungsoptionen zu entscheiden, ist in besonderem Maße von intrinsischer Motivation abhängig (Beyerl, 2010). Sie hängt ab von allgemeinen Einstellungen zum Umweltschutz, persönlichen Werten und Normen, einem Verpflichtungsgefühl, dem Bewusstsein für Konsequenzen von Handlungsoptionen und nicht zu letzt von der Zuversicht, dass das eigene Handeln wirksam sei. Positiv wirkt sich auch das Vertrauen in andere Menschen aus, denen man unterstellt, dass auch sie sich am kollektiven Nutzen orientieren (Ernst, 1997). Faktisch wird Nachhaltigkeit eher als kollektive Verantwortung (Man muss etwas tun.) anstatt als individuelle Verantwortung (Ich muss etwas tun.) empfunden. Die Diffusion von Verantwortung entlastet letztlich von dem Gefühl, auch als einzelner tatsächlich verantwortlich zu sein. Zusätzlich kommt die entlastende Illusion hinzu, Natur sei eine unerschöpfliche Ressource. Unsere tägliche Erfahrung spricht in hohem Maße für diese Illusion.

Die Rolle der Intuition

Die Literatur weist auf die hohe Bedeutung intuitiver Urteilsheuristiken über Risiken (Beyerl, 2010) und beim moralischen Urteilen (Gebhard, 2007; Haidt, 2001) hin. Urteile werden auf der Basis affektiver und emotionaler Aspekte getroffen und bestenfalls post-hoc rationalisiert. Intuitives Urteilen und Entscheiden vollzieht sich auf kognitiv entlastende Weise im Rahmen einer Affektheuristik (Betsch, Funke & Plessner, 2011) und deckt sich weitgehend mit routinisierten bzw. stereotypen Entscheidungsstrategien. In Intuitionen verdichtet sich implizites und auf Erfahrung gegründetes Wissen, das durch Mechanismen assoziativen Lernens im Langzeitgedächtnis gespeichert wurde und sich in Entscheidungs-

situationen als spontanes Gefühl unmittelbar äußert (ebd.). Entsprechend sind Emotionen v.a. beim Urteilen und Entscheiden mit geringem kognitivem Aufwand hochbedeutsam. Sie beeinflussen unser Urteil in Form von bereits während des Urteilsprozesses antizipierten Gefühlen. Sie sind gleichsam die Epiphänomene des Entscheidens und ein psychischer Ausdruck von verdichteten Erfahrungen, die in bereits erlebten und strukturell ähnlichen Entscheidungskonflikten erworben worden sind.

Drei Ebenen des Urteilens und Entscheidens

Bisher wurde Urteilen und Entscheiden im Kontext von Klimawandel als innerpsychischer Vorgang betrachtet. Die dort diagnostizierte Widersprüchlichkeit und Konflikthaftigkeit kann sich auch in sozialen Räumen auf einer inter-personellen Ebene perpetuieren. Menschen bzw. Rollen mit unterschiedlichen Motiven und Motivationen, Haltungen, Einstellungen, Gefühlen und Interessen müssen u.U. Entscheidungen aushandeln, treffen und verantworten. Handlungsoptionen und deren jeweilige Attributierung durch Merkmale und deren Ausprägung können dann auf verschiedene Personen, soziale Rollen oder Institutionen verteilt sein.

Menschen bevorzugen nicht nur qua persönlicher Disposition, sondern auch qua sozialer Rolle bestimmte Handlungsoptionen. Der Wahl von Handlungsoptionen können darüber hinaus auch konkrete Interessen entweder auf inter-personeller oder institutioneller Ebene voraus liegen. Interessen spielen auf institutioneller Ebene eine entscheidende Rolle beim Urteilen und Entscheiden. Menschen können z.B. von Amtswegen Handlungsoptionen wählen oder ausschließen. Bezogen auf das Problem des Urteilens und Entscheidens im Kontext von Nachhaltigkeit tut sich eine systemische Ebene auf, in der die Akteure an institutionell oder gesellschaftlich verankerte Interesse gebunden sind, die sie selbst öffentlich verfolgen, rechtfertigen und zur Grundlage ihrer Wahl von Handlungsoptionen machen müssen. Eine solche Bindung des Entscheidens ist in der Politik als imperatives Mandat bekannt.

Damit sind Urteilen und Entscheiden auf drei Ebenen angesiedelt und von unterschiedlichen Faktoren abhängig:

intra-personelle Ebene	inter-personelle Ebene	institutionell-systemische Ebene
innere Situation eines Individuums: Motivationen, Interessen, Volitionen, Haltungen, Einstellungen, Emotionen, Erwartungen	Konflikte zwischen Individuen oder Gruppen, Solidarität: Habitus, Haltungen, Einstellungen, Interessen	Konflikte oder Loyalitätsgebote zwischen Vertretern von Institutionen oder Gruppen: gesellschaftlich-institutionell verankerte Interessen

Lernformen

Methoden des Rollen- und Planspiels können dabei helfen, dass Urteilen und Entscheiden im Kontext von Nachhaltigkeit auch lehr- und lernbar zu gestalten, indem subjektive Orientierungen konsequent berücksichtigt werden. Der Vorteil von Spielverfahren liegt darin, durch den Aufbau und die Erprobung konkreter Spielsituationen Komplexität in Form von Rollen erfahrbar zu machen und Widersprüche auf der intra-, inter-personellen und institutionell-systemischen Ebene aufzudecken und zu reflektieren (Höttecke, 2013).

Literaturhinweise entnehmen Sie bitte der folgenden Publikation

Höttecke, D. (2013, im Druck). Rollen- und Planspiele in der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In D. Höttecke, J. Menthe, I. Eilks & C. Höhle (Hrsg.), *Handeln in Zeiten des Klimawandels – Bewerten Lernen als Bildungsaufgabe*. Münster: Waxmann

Die explizite Reflexion impliziter Welt- und Menschenbilder als konstitutiver Anteil ethischer Bewertungskompetenz: Der Ansatz der Alltagsphantasien

Ein wesentlicher Bezugspunkt ethischer Bewertungsprozesse sind die diesen Prozessen zugrunde liegenden Welt- und Menschenbilder, denen wir in unserem Alltagsdenken und auch -handeln folgen, meist unbewusst bzw. intuitiv. „Menschenbilder sind Konstrukte, die von Laien und Wissenschaftlern als Teil ihres Weltbildes implizit oder explizit entworfen werden, um eine Gesamtorientierung des Urteilens und Handelns zu ermöglichen. [...] Menschenbilder wirken auch dann handlungsleitend, wenn sie den Trägern nicht bewußt sind“ (Oerter, 1999, S.1). Menschenbilder repräsentieren somit subjektive, nicht immer bewusste Deutungsmuster, die ein orientiertes Handeln in der Lebenswelt ermöglichen.

Ein angemessenes Verständnis ethischer Bewertungskompetenz muss sich also auch auf die Bedeutung impliziter Welt- und Menschenbilder und intuitiver Bewertungsprozesse beziehen. Genau das macht der Ansatz der „Alltagsphantasien“ (Gebhard, 2007): Neben didaktischen und lernpsychologischen Momenten (Combe & Gebhard, 2012) arbeitet er sowohl in kognitionspsychologischer als auch in didaktischer Hinsicht die Bedeutung sozial und kulturell vermittelter Welt- und Menschenbilder in ethischen Auseinandersetzungen heraus.

Indem Alltagsphantasien gleichsam als Indikatoren bzw. Vehikel für Figuren des Welt- und Menschenbildes im Unterricht explizit thematisiert werden, erhält der Unterricht eine besondere philosophische, ethische und fachübergreifende Dignität (Dittmer, 2010). Naturwissenschaftliche Konzepte vermengen sich nämlich mit lebensweltlich und kulturell verankerten Welt- und Menschenbildern. Für die Physik ist hier die sogenannte „Kopernikanische Wende“ oder die Relativitätstheorie zu nennen, für die Biologie die Evolutionstheorie oder auch die moderne Hirnforschung. Und auch die Chemie hat spätestens mit der Harnstoffsynthese („Synthetische Chemie“) den Glauben an die Mach- und Herstellbarkeit von organischen Substanzen befördert.

Darüber nachzudenken, dass und wie die Naturwissenschaften mit unseren Welt- und Menschenbildern zusammenhängen, ist ein wesentliches Bildungsanliegen, auch unabhängig von Bewertungskompetenz. So geht es bei Scientific literacy auch darum, „zu erkennen und sich darüber bewusst zu sein, wie Naturwissenschaften und Technik unsere materielle, intellektuelle und kulturelle Umwelt formen“ (Prenzel et al., 2007, S. 65). Der Einfluss des kulturellen Hintergrundes wurde in den 90er Jahren von Aikenhead (1997) thematisiert („Cross Cultural Education“) und gegenwärtig findet diese Diskussion unter dem Label „Cultural Studies of Science Education“ (Higgins & McDonald, 2008) statt.

Was sind Alltagsphantasien? – Das Beispiel Genetik

Die Gentechnik, die an den "Kern" des Lebens und der lebendigen Natur rührt, aktiviert und formt ein reichhaltiges Spektrum an Vorstellungen und Phantasien. Diese sind i.d.R. nicht manifest, sondern treten bei den verschiedensten Anlässen aus ihrer Latenz heraus. Sie sind jedoch wirksam und bedeutsam, auch und gerade wenn sie nicht bewusst sind. Die Annahme eines Unbewussten – zuerst von der Psychoanalyse formuliert - korrigiert eine der Grundannahmen abendländischen Denkens, nämlich dass sich menschliche Existenz zuerst und v.a. in bewusster Reflexion erfährt und auslegt. Die Annahme über die Existenz und die bestimmende Funktion des Unbewussten wird inzwischen sowohl von neurobiologischen als auch von sozialpsychologischen Forschungen bestätigt. Für Bewertungsprozesse besonders interessant ist der sozialintuitionistische Ansatz von Haidt (2001). Intuitionen und Phantasien bestimmen danach das Urteil, ohne dass der irrationale Kern dabei notwendig bewusst ist.

Bisherige eher rationalistische Ansätze in der Moralpsychologie gehen mit Piaget und Kohlberg davon aus, dass der Mensch zu und moralischen Urteilen primär durch einen Prozess des rationalen Denkens gelangt. In neueren intuitionistischen Ansätzen wird dagegen angenommen, dass zunächst eine moralische Intuition vorhanden ist und diese direkt das moralische Urteil verursacht. Das rationale Denken findet überwiegend nach dem intuitiven Urteil, also als post hoc Rechtfertigung statt (Haidt, 2001). Natürlich sind Intuitionen nicht die besseren Urteile. Aber – weil sie nämlich auf Denken und Handeln Einfluss nehmen – sind sie in Reflexionsprozessen zu berücksichtigen.

Die "Rationalität des Alltags", die ich mit dem Begriff der "Alltagsphantasien" belege, deckt sich zumindest nur teilweise mit aufgeklärter, wissenschaftlicher Rationalität. Der Geist, der sich in Alltagsphantasien verdichtet, ist routinisiert, automatisch, speist sich aus latenten und vorrationalen Quellen. Der Geist dagegen, der im Ideal wissenschaftlicher Rationalität zum Ausdruck kommt, ist logisch, kritisch, kontrolliert, formal. Im Anschluss an Konzeptionen der Kulturpsychologie (Boesch, 1980) und Kulturanthropologie (Levi-Strauss, 1968) gehe ich davon aus, dass beide Formen des Denkens nicht gegensätzlich, sondern als Komplementäre zu denken sind. Sie repräsentieren nicht etwa die primitive oder archaische Form des Denkens gegenüber der entwickelten Form, die eine ist nicht die Vorform der anderen, sondern es handelt sich um zwei komplementäre Möglichkeiten des menschlichen Geistes.

Alltagsphantasien zur Gentechnik

Um auf die Ebene der Phantasien und der latenten Sinnstrukturen zu gelangen, bedarf es besonderer methodischer Zugänge. Deshalb haben wir ein Gruppendiskussionsverfahren als qualitative Forschungsmethode angewandt, das Anregungen aus der Kinderphilosophie aufgreift (vgl. Gebhard, Billmann-Mahecha & Nevers, 1997). Im Folgenden zunächst die Alltagsphantasien, die auf der Grundlage von 30 Gruppendiskussionen mit Oberstufenschülern zum Thema „Gentechnik“ rekonstruiert wurden.

- | | |
|------------------------------------|------------------------------|
| 1. Das Leben ist heilig. | 7. Der Mensch als homo faber |
| 2. "Natur" als sinnstiftende Idee. | 8. Der Mensch als Schöpfer |
| 3. Tod und Unsterblichkeit | 9. Mensch als Maschine |
| 4. Gesundheit | 10. Perfektion und Schönheit |
| 5. Dazugehören | 11. Individualismus |
| 6. Ambivalenz von Erkenntnis | 12. "Sprache der Gene" |

Die pädagogisch-didaktische Grundidee des Ansatzes der Alltagsphantasien

Man kann sagen, dass Alltagsphantasien „wie ein Gerüst von Stützbalken das im Diskurs konstruierte Objekt tragen“ (Wagner 1994, 159). Um die Rekonstruktion und Konstruktion dieser „Stützbalken“ geht es beim Ansatz der Alltagsphantasien. Die pädagogische bzw. didaktische Annahme ist, dass Lernprozesse dann erfolgreicher und sinnvoller sind, wenn der alltägliche, subjektivierende, intuitive und eben phantasiereiche Zugang zu den Phänomenen im Unterricht nicht nur geduldet, sondern zum Gegenstand expliziter Reflexion und des sozialen Austausches gemacht wird. Was das für die ethische Reflexionsfähigkeit bedeutet, ist Gegenstand weiterer und aktueller Untersuchungen. Dass diese Phantasien gleichsam ethisch konnotiert sind, werde ich im abschließenden Abschnitt zeigen.

In zwei schulischen (Born, 2007; Monetha, 2009) und einer laborexperimentellen Interventionsstudie (Oschatz, 2011) hat die Hamburger Arbeitsgruppe die lernpsychologische Wirksamkeit der expliziten Reflexion von Alltagsphantasien untersucht. In den schulischen Interventionsstudien konnten wir zeigen, dass ein Unterricht, der die Alltagsphantasien explizit zum Thema macht und immer wieder darauf zurückkommt, sinnhafter interpretiert wird, motivierender ist und darüber hinaus auch zu einem nachhaltigeren inhaltsbezogenen Lernerfolg führt. In der Laborstudie konnte zusätzlich gezeigt werden, dass die Berücksichtigung der Alltagsphantasien zunächst irritierend ist.

Bereits auf den zweiten Blick ist das nicht mehr erstaunlich, zumal es sich ja um durchaus existenzielle Welt- und Menschenbilder handelt. Die Phantasien nehmen eben noch ganz andere Dimensionen in den Blick, von denen sich die Schulweisheit nichts träumen lässt. Allerdings lohnt sich diese irritierende Tiefe: Wenn die Phantasien willkommen sind – auch wenn sie abschweifig sind – wird ein Unterricht, der Alltagsphantasien berücksichtigt, sinnhafter erlebt, er unterstützt die Motivation und ist auch im Hinblick auf den kognitiven Wissenserwerb – langfristig, meist schon mittelfristig – effizienter. Auch unabhängig davon sind die Phantasien für Bildungsprozesse deshalb besonders wichtig, weil sie den Fachunterricht mit den kulturellen und sozialen Konzepten und den damit implizierten Welt- und Menschenbildern der Schülerinnen und Schüler verbinden kann. Dazu zum Schluss noch ein Beispiel:

„Natur als sinnstiftende Idee“ als Bezugspunkt in ethischen Diskursen

Im folgenden wird an einem Beispiel gezeigt, dass und wie Alltagsphantasien gerade im Kontext von ethischen Bewertungsprozessen bedeutsam sind: „Was natürlich ist, ist gut.“ Es handelt sich hier um eine Argumentationsfigur, die als „naturalistischer Fehlschluss“ bezeichnet wird, die das Sein mit dem Sollen vermengt. Im Hinblick auf das damit implizierte Menschenbild bedeutet dies, dass die Natur zum Inbegriff einer normativen Instanz wird, die den Maßstab für moralische Urteile liefert. Z.B.: „Aber ich denke mal, dass es von der Natur so gegeben ist, dass das so passiert ist.“ Oder: „Ich habe gerade das Bild von Tieren im Kopf, ich weiß nicht, also wenn jetzt eine Tigermama ein Tigerbaby kriegt. Also sie kriegt vier Stück und eins davon ist blind oder so, dann stößt sie es doch auch weg. Und ich weiß nicht, ich mein, das ist Natur und dem Menschen ist es halt selber überlassen und ich schätz mal nicht, dass es unbedingt negativ ist.“

Die normstiftende Funktion von Natur ist am verlässlichsten und unverbrüchlichsten, wenn die Natur stabil und ewig ist. „Die Natur soll so bleiben, wie sie ist.“ Vor dem Hintergrund dieses statischen Naturbegriffs ist es „frevelhaft“, diese immergleiche Natur zu verändern. Im Gegenteil: Angesichts der hier vorherrschenden physiozentrischen Ethik ist die Natur hierarchisch über dem Menschen angesiedelt und der Mensch darf sich nicht über die Natur stellen (Menschenbild): „Man soll der Natur nicht ins Handwerk pfuschen.“

V.a. bei der Bewertung der Gentherapie zeigt sich ein evolutionäres Menschenbild: „Für das Individuum eine optimale Lösung. Für die Menschheit als Ganzes aber an sich nicht nur gut. Bisher gelten die Gesetze des Stärkeren – er überlebte.“ – „Finde ich positiv, wenn es kranken Menschen eine Erleichterung bringt. Doch wo bleibt dann eine natürliche Auslese?“ Solche eugenischen, z.T. auch sozialdarwinistischen Vorstellungen offenbaren sich in der Befürchtung, dass sich die "Stärkeren" nicht mehr durchsetzen könnten, wenn durch die Gentherapie kranke Menschen geheilt werden oder durch eine optimierte Landwirtschaft zu viele Menschen überleben würden. Zwar wird die mögliche Bewältigung des Hungerproblems mit Hilfe der Gentechnik begrüßt, jedoch wird gefragt, ob dies im Sinne der "natürlichen Selektion" sein könne. Die Stärkeren, in diesem Fall die Satten, könnten sich möglicherweise als Konsequenz der gentechnisch unterstützten Bewältigung des Hungerproblems nicht mehr durchsetzen: „Die Natur sollte das Hungerproblem in Afrika lösen.“

Bei diesen Äußerungen wird es sich um ein Symptom der Unreflektiertheit handeln. Die Schüler werden überwiegend nicht bewusst sozialdarwinistischen Ideologien anhängen. Aber gerade das macht deutlich, dass solche Reflexionen eben mit zur Vermittlung von biologischen Inhalten gehören. Durch eine solche "heimliche Ethik" (Kattmann) werden nämlich leicht durch die Vermittlung von sog. reinem biologischen Wissen gleichsam hinter dem Rücken der Beteiligten, Werturteile transportiert. Diese "heimliche Ethik" kann gerade dann ihre Wirkung haben, wenn sie von den Beteiligten nicht wahrgenommen wird.

Das philosophische Gespräch im naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Förderung ethischer Bewertungskompetenz und die hiermit einhergehende Auseinandersetzung mit wissenschafts- und umweltethischen Themen bringt auch eine Konfrontation mit ungeklärten Fragen, unsicherer Evidenz oder konfligierenden Werten und Normen mit sich. Ebenso können kulturell und lebensweltlich bedeutsame Vorstellungen, die implizit ethische Bewertungen beeinflussen (siehe Gebhard, 2013, in diesem Band), eine Herausforderung für die naturwissenschaftliche Lehr- und Lernkultur an Schulen und Hochschulen darstellen. Diesbezüglich bedarf es in einer professionsorientierten Lehrerbildung sowohl elementarer Grundkenntnisse über kognitive und soziale Prozesse bei der moralischen Urteilsbildung als auch methodischer Kompetenzen im Umgang mit ethisch sensiblen Themen. Hier ist nicht nur ein adäquates Methodenrepertoire gefragt, sondern auch eine didaktische Haltung, bei der man sich von Unwägbarkeiten nicht verunsichern lässt und der intuitiven und emotionalen Dimension ethischer Bewertungen aufgeschlossen gegenüber steht (siehe Dittmer, Menthe, Gebhard & Höttecke, 2013, in diesem Band).

Im Folgenden werden drei Aspekte hervorgehoben: Das sozial-intuitionistische Modell der Urteilsbildung als Grundlage für ein realitätsnahes Verständnis von ethischen Bewertungsprozessen, das philosophisch-ethische Gespräch als fachkulturelle Herausforderung und zuletzt die Frage nach dem Schülerverständnis, welches dem Bildungsziel „Bewertungskompetenz fördern“ zu Grunde liegt.

Bewertungskompetenz aus sozial-intuitionistischer Perspektive

Im Zusammenhang mit der Förderung ethischer Bewertungskompetenz ist das Verständnis ethischer Bewertungsprozesse nicht zuletzt von den Grundkenntnissen und Vorstellungen über menschliches Bewertungsverhalten abhängig. Beschränkt sich dieses Verständnis auf die argumentationsorientierte Perspektive Kohlbergs, dann kann dies zu einem einseitigen Verständnis mit zum Teil frustrierender Wirkung führen, da widersprüchliche Beurteilungen oder Diskrepanzen zwischen Beurteilungen und Handlungen mit den Ansätzen der klassischen Moralpsychologie nicht vollständig zu erfassen sind. Intuitive Urteile und emotionale Reaktionen, die sich auf Vorstellungen und Erfahrungen stützen, welche jenseits des rationalen Diskurses liegen – wie z.B. die Vorstellung über die Heiligkeit des Lebens in Bezug auf das Thema Genmanipulation – finden keine oder eine nur randständige Berücksichtigung, obgleich solche Vorstellungen maßgeblich ethische Bewertungen beeinflussen (Gebhard & Mielke, 2003).

Das sozial-intuitionistische Modell der moralischen Urteilsbildung (Haidt, 2001) integriert eine Vielzahl empirischer Studien aus dem Bereich der Moralforschung und Sozialpsychologie und bietet eine komprimierte theoretische Grundlage für ein realitätsnahes Verständnis moralischen Verhaltens. Als moralpsychologisches Rahmenmodell offeriert es Zugänge zum Feld „Bewertungskompetenz“, die sich auch der intuitiven und emotionalen Dimension ethischer Bewertungen zuwenden (Dittmer & Gebhard, 2012). So wie man für ein Verständnis von Lernprozessen kognitions- und entwicklungspsychologische Grundkenntnisse benötigt, um Schülerinnen und Schüler richtig einschätzen zu können und nicht zu überfordern, so benötigt man auch für die Förderung von Bewertungskompetenz nicht nur ethisches Grundwissen, sondern auch elementare moralpsychologische Grundkenntnisse.

Gerade wenn es in allgemeinbildenden Kontexten darum geht, ethische Auseinandersetzungen personen- und lebensweltnah zu führen, ist eine Thematisierung intuitiver Urteile und emotionaler Reaktionen keine Marginalie. Hinter ihnen verbergen sich die verhaltensrelevanten Schülervorstellungen, denen wir Naturwissenschaftsdidaktikerinnen

und -didaktiker generell eine hohe Bedeutung zuschreiben: „Intuitive Urteile beruhen [...] auf der unterschweligen Aktivierung relevanter Gedächtnisinhalte, durch die der weitere Denk- und Vorstellungsverlauf in Richtung auf bestimmte Ahnungen oder Hypothesen gelenkt wird, die schließlich zur Wahrnehmung von Kohärenz, Bedeutsamkeit oder Strukturierung führen können, obwohl die aktivierten Gedächtnisinhalte selbst nicht bewußt werden“ (Goschke & Bolte, 2002, S. 49). Die unbewusste Wirkung aktivierter Gedächtnisinhalte wird in Haidts (2001) Rahmenmodell in verschiedenen Pfaden beschrieben:

1. Mit der Wahrnehmung eines Phänomens oder Sachverhalts generieren wir auf der Basis aktivierter Gedächtnisinhalte unmittelbare Bewertungen, die wir als Intuitionen bezeichnen.
2. Die Rechtfertigung eines Urteils ist i.d.R. ein post hoc generierter und motivierter Prozess und die nachträgliche Begründung einer Bewertung muss nicht mit unmittelbar aktivierten Gedächtnisinhalten übereinstimmen.
3. Wenn wir ein Argument hören oder lesen, so ist dies immer auch ein Wahrnehmungsakt bei dem auch implizites Wissen aktiviert wird, das die Bewertung eines Sachverhaltes beeinflusst.
4. Argumente werden von Personen oder Personengruppen vorgetragen und wir befürworten intuitiv die Argumente von Personen, denen wir uns verbunden fühlen oder die uns sympathisch sind.
5. Argumentationsbasierte Bewertungen sind kognitiv aufwendig und bedürfen häufig eines handlungsentlasteten Kontextes. Hier setzen wir gemeinhin mit unseren Bildungsintentionen an und bemühen uns, Schülerinnen und Schüler im rationalen Entscheiden zu trainieren.
6. Ein ebenfalls klassischer Weg der Moralerziehung ist die Übung der Rollen- und Perspektivenübernahme. Aber auch hier werden beim Hineinversetzen in andere Personen oder Lebewesen intuitiv wirksame Gedächtnisinhalte aktiviert.

Der offene Diskurs in der naturwissenschaftlichen Lehr- und Lernkultur

Eine der Komplexität ethischer Bewertungen angemessene Auseinandersetzung bedarf einer Thematisierung der relevanten Vorstellungen und sozialen Kontexte und erfordert eine Diskurskultur, in der vermeintlich irrationale, emotionale oder soziale Aspekte zum Ausgangspunkt einer persönlich bedeutsamen Beschäftigung mit ethischen Problemlagen werden können. Doch Ethik gehört nicht zum Standardrepertoire von Lehrerinnen und Lehrern der naturwissenschaftlichen Fächer. Um dennoch den Ansprüchen naturwissenschaftlicher Bildung – die eben auch eine Beschäftigung mit der gesellschaftlichen und lebensweltlichen Bedeutung der Naturwissenschaften implizieren – gerecht zu werden, gibt es eine Reihe von Angeboten zur Strukturierung von Unterricht (Bögeholz et al., 2004) und auch zahlreiche zusammenfassende Darstellungen ethischer Grundlagen (vgl. Brehmer, 1994). Die unterschiedlichen Phasenmodelle, bei denen in fünf, sechs oder mehr Schritten ein ethischer Bewertungsprozess didaktisch strukturiert wird, sind in einer primär ergebnis- und faktenorientierten Lehr- und Lernkultur (Dittmer, 2010), in der eine Konfrontation mit divergierenden Werten und Normen oder offenen Kontroversen auch zu Verunsicherungen führen kann, eine bedeutende Hilfestellung. Doch mit Blick auf die skizzierte Bedeutung impliziter Vorstellungen bedarf es auch Formen des ethischen Diskurses, die sich noch konsequenter den persönlichen Vorstellungen und Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler zuwenden.

In der Grundschul- und Sachkundedidaktik hat sich der Ansatz des Philosophierens mit Kindern und Jugendlichen (PMKJ) als eine Methode etablieren können, die eine solche offene und konsequent schülerorientierte Gesprächskultur – in der sich die Lehrperson in die Rolle des Moderators zurückzieht – anvisiert (Raupach-Strey, 2002). Im Vergleich mit den öffentlichen Diskursen über wissenschafts- und umweltethische Fragen – die auch gerne im unterrichtlichen Rollenspiel nachvollzogen werden – hebt Nevers das Potential des philosophischen Gesprächs am Beispiel der Debatte über Stammzellforschung folgendermaßen hervor: „Mit Stammzellforschung ist ein sensibles moralisches Thema zum Gegenstand einer politischen Auseinandersetzung geworden, und bei der Erörterung dieses

Themas haben sich unterschiedliche Diskursstile durchquert. Einen davon bezeichne ich als formalisiertes Hauen und Stechen, Taktieren und Übertrumpfen. [...] Infolgedessen bleibt wenig Spielraum für Unsicherheit, gemeinsames Suchen und konstruktive Lösungsfindung“ (Nevers, 2003, S. 162).

Der im ethischen Diskurs engagierte Schüler

Ein konsequent schülerorientierter Blick wirft die Frage nach den je individuellen Sinnkonstituierungen des im Bewertungsprozess engagierten Subjekts auf. Die impliziten Vorstellungen und je individuellen Sinnzuschreibungen von Schülerinnen und Schülern ernst zu nehmen und in die gegenwärtige Kompetenzdiskussion einzubeziehen, bedeutet zugleich eine Anerkennung der Autonomie der Schülerinnen und Schüler und impliziert somit ein Schülerverständnis – bzw. fachdidaktisches Menschenbild – welches dem Anspruch gerecht wird, mit der Förderung von Bewertungskompetenz die Selbst- und Mitbestimmungsfähigkeit zukünftiger Bürgerinnen und Bürger nachhaltig zu stärken. Ein solches Schüler- und Menschenbild gründet auf Anerkennung und Respekt und bedarf einer offenen und sensiblen Haltung von Fachlehrerinnen und Fachlehrern. Mit der Förderung ethischer Bewertungsprozesse erhält die in den Naturwissenschaftsdidaktiken etablierte Vorstellungsforschung ein besonderes Gewicht, auch bezüglich der Art und Weise wie wir mit den Vorstellungen und Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler umgehen. In Bezug auf die Tragweite ethischer Problemlagen bedeutet pädagogische Sensibilität hier auch „eine Ahnung davon zu haben, was es bedeutet, verletzbarer Mensch zu sein und in verletzbaren kommunikativen Strukturen Mensch zu werden“ (Peukert, 1992, S. 122).

Literatur

- Bögeholz, S., Hößle, C., Langlet, J., Sander, E. & Schlüter, K. (2004). Bewerten – Urteilen – Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 89-115
- Brehmer, K. (1994). Grundfragen philosophischer Ethik. In Niedersächsisches Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung (Hrsg.), *Ethische Fragen im Biologieunterricht. Grundprobleme und Fallbeispiele (NLI-Bericht 57)*. Hildesheim: NLI, 15-36
- Dittmer, A. (2010). Nachdenken über Biologie: Über den Bildungswert der Wissenschaftsphilosophie in der akademischen Biologielehrerbildung. Wiesbaden: VS Verlag
- Dittmer, A. & Gebhard, U. (2012). Stichwort Bewertungskompetenz: Ethik im naturwissenschaftlichen Unterricht aus sozial-intuitionistischer Perspektive. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 81-98
- Gebhard, U. & Mielke, R. (2003). „Die Gentechnik ist das Ende des Individualismus“: Latente und kontrollierte Denkprozesse bei Jugendlichen. In D. Birnbacher, J. Siebert & V. Steenblock (Hrsg.), *Philosophie und ihre Vermittlung*. Hannover: Siebert, 202-218
- Goschke, T. & Bolte, A. (2002). Emotion, Kognition und Intuition: Implikationen der empirischen Forschung für das Verständnis moralischer Urteilsprozesse. In S. A. Döring & V. Meyer (Hrsg.), *Die Moralität der Gefühle*. Berlin: Akademie Verlag, 39-57
- Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgement. *Psychological Review*, 108, 814-834
- Nevers, P. (2003). Diskurskultur und Moral. In S. Albrecht, J. Dierken, H. Freese & C. Hößle (Hrsg.), *Stammzellforschung: Debatte zwischen Ethik, Politik und Geschäft*. Hamburg: Hamburg University Press, 161-177
- Peukert, H. (1992). Die Erziehungswissenschaft der Moderne und die Herausforderungen der Gegenwart. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38, (29. Beiheft), 113-127
- Raupach-Strey, G. (2002). Das Sokratische Paradigma und seine Bezüge zur Diskurstheorie. In D. Birnbacher & D. Krohn (Hrsg.), *Das sokratische Gespräch*. Stuttgart: Reclam, 106-139

Lohnt sich der Aufwand? Inquiry und Erwartungen der LehrerInnen

Ehrlicher Weise muss gesagt werden, dass die Frage: „Lohnt sich der Aufwand?“ nicht nur einmal aufgetaucht ist!

Dieses Zitat stammt aus einem der Berichte über die Einführung von Laborpraxis an österreichischen Schulen. Ein Team von LehrerInnen der naturwissenschaftlichen Fächer hatte mehrere Jahre in ein Projekt investiert, das darauf zielte, an der eigenen Schule ein fächerübergreifendes Labor zu etablieren. Solche Projekte werden von der Initiative IMST¹ seit über zehn Jahren begleitet und unterstützt. Dieser Beitrag gibt einen kurzen Einblick in diese Initiative und die dabei entstandenen Projektberichte und stellt erste Ergebnisse einer Inhaltsanalyse dieser Berichte zur folgenden Fragestellung vor:

Wie hängen die Ziele, die österreichische LehrerInnen für die Einführung von Laborpraxis an ihren Schulen in den IMST-Berichten nennen, mit den Stufen von Inquiry zusammen, die in den beigelegten Materialien sichtbar werden?

Der Kontext der Forschungsaktivität: Die Initiative IMST

IMST ist eine Initiative des Österreichischen Unterrichtsministeriums und der Universität Klagenfurt, die darauf zielt, den Unterricht in Deutsch, Mathematik und den naturwissenschaftlichen und technischen Fächern durch verschiedene Maßnahmen zu verbessern (Krainer, 2002).

Eine der Maßnahmen sieht eine Förderung von Innovationen an Schulen vor. LehrerInnen werden bei der Unterrichtsentwicklung oder Schulentwicklung begleitet, erhalten Beratung, finanzielle Unterstützung und können sich mit KollegInnen austauschen, die ähnliche Innovationen durchführen (Dörfler & Koliander, 2009). Über diese Innovationen werden von den LehrerInnen Berichte verfasst, die primär zur Reflexion des eigenen Unterrichts dienen (Schuster & Rösler, 2009).

Die Quellen für die Inhaltsanalyse: Die IMST-Berichte

Die Projektberichte umfassen mindestens 20 Seiten und sollen die Ziele, die Durchführung und die Evaluation der Unterrichtsinnovationen dokumentieren. In einigen Berichten werden auch Unterrichtsmaterialien veröffentlicht, aus denen sichtbar ist, wie die Arbeitsaufträge für SchülerInnen gestellt wurden. Diese Berichte werden im IMST-WIKI (<http://imst3plus.aau.at/imst-wiki>) veröffentlicht. Es sind bereits mehr als 1000 Berichte auf diese Weise frei zugänglich.

Der theoretische Rahmen und die Forschungsmethodik

Für die Analyse wurden 27 Berichte ausgewählt, die sich mit Laborpraxis in Chemie beschäftigen und in denen Arbeitsanleitungen für Versuche angegeben sind. Die Analyse der Berichte geht von Zielen aus, die in großen Reviews über Laborpraxis formuliert wurden (Singer, Hilton & Schweingruber, 2006). Diese Ziele wurden einer strukturierenden

¹IMST = „Innovations in Mathematics and Science Teaching/ Innovationen Machen Schulen Top“ (<https://www.imst.ac.at>)

Inhaltsanalyse nach Mayring zu Grunde gelegt, wobei die zuerst deduktiv vorgegebenen Kategorien schrittweise induktiv ergänzt wurden.

Folgende zwölf Zielkategorien, die angestrebte Fähigkeiten von SchülerInnen benennen, wurden von den LehrerInnen in den Berichten genannt und als Basis für die anschließende Analyse genutzt:

- Positivere Einstellung zur Chemie
- Steigerung der Fähigkeit zu Teamwork, soziale Kompetenz, Kommunikationsfähigkeit
- Übernahme von Verantwortung, Selbstkompetenz, Handlungsfähigkeit
- Steigerung von Kritik- und Urteilsfähigkeit
- Entwicklung von Kreativität, Phantasie
- Erwerb von praktischen, handwerklichen Fähigkeiten
- Erwerb von Kompetenzen für forschendes Lernen: Schritte des Inquiry und des naturwissenschaftlichen Argumentierens
- Erlernen des richtigen Einsatzes der Fachsprache
- Entwickeln der Fähigkeit, Fachwissen anzuwenden und zu vernetzen
- Erwerb von Fachwissen
- Verständnis für die Natur der Naturwissenschaften (NOS) entwickeln
- „Steigerung von Interesse“ (ohne weitere Präzisierung, was darunter verstanden wird)

Dieselben Berichte waren Ausgangsmaterial für eine skalierende Strukturierung in Hinblick auf die Stufen von Inquiry (Koliander & Puddu, 2011; Abels et al., 2013, in diesem Band). Es wurde eine grobe Einteilung mit den Stufen von 0-3 gewählt, die Beschreibung dieser Stufen wurde deduktiv vorgegeben und mit genauen Beschreibungen aus den Berichten der LehrerInnen ergänzt. Die Einteilung auf die vier Stufen erfolgt nach den zunehmend selbstständig von den SchülerInnen übernommenen Schritten. Es betrifft die drei Schritte: Naturwissenschaftliche Fragen stellen, eine Untersuchung planen, Vermutungen und Interpretationen auf Basis von Modellen und Theorien formulieren. Sind alle diese Schritte von der Lehrperson vorgegeben und können die SchülerInnen nur nach „Kochrezept“ eine genau vorgegebene Untersuchung durchführen oder ein Phänomen sichtbar machen, so handelt es sich nach dieser Einteilung von Inquiry um Stufe 0. Wird den SchülerInnen die Interpretation (oder auch die Hypothesenbildung) überlassen, ist es Stufe 1. Wird den SchülerInnen die Planung des Experiments überlassen, wählen sie selber Methoden, Materialien und Geräte aus, so wird dies der Stufe 2 zugeordnet. Formulieren die SchülerInnen selber eine Frage, der sie anschließend experimentell nachgehen können, so wird dieses Vorgehen der Stufe 3 zugewiesen.

Als ein Beispiel sei hier eine Arbeitsaufgabe aus einem IMST-Bericht und deren Zuordnung zu den Stufen von Inquiry angegeben:

Untersuchung von Tinte

Material:

1 Becherglas 50 ml, 1 Tafelkreide, 2 Spritzen (10 ml), 1 Kanüle, schwarze Tinte, Wasser

Vorbereitung:

Vermische im Becherglas 4 Tropfen schwarzer Tinte (Spritze mit Kanüle) mit 4 ml Wasser! Stelle nun die Tafelkreide in das Becherglas und beobachte, was passiert!

Versuche eine Deutung!

Meine Erklärung:

Diese Stelle wurde der Stufe 1 zugeordnet, da Fragestellung, Material und Methode vorgegeben wurden und die Erklärung und Deutung den SchülerInnen überlassen wurde.

Ausgewählte Ergebnisse

Wenn die Berichte nach der jeweils höchsten Stufe von Inquiry, die in den beigelegten Materialien sichtbar wird, geordnet werden, und für jede Stufe die von den LehrerInnen genannten Ziele betrachtet werden, werden Zusammenhänge sichtbar. Es zeigt sich, dass LehrerInnen, die mit ihren Arbeitsaufträgen Stufe 2 oder 3 von Inquiry einfordern, deutlich mehr Ziele für die Laborarbeit formulieren. Die Förderung der Kreativität und Verständnis für NOS² wird **ausschließlich** von LehrerInnen genannt, deren Arbeitsaufträge Stufe 2 oder 3 erreichen. Das Ziel „Kompetenzen für forschendes Lernen erwerben“ wird von Stufe zu Stufe öfter erwähnt. Auf Stufe 0 erwähnt es keine der Lehrpersonen, auf Stufe 1 erwähnen es 50 %, auf Stufe 2 erwähnen es 80 % und auf Stufe 3 nennen dies alle LehrerInnen als Ziel.

Zusätzlich zu den oben angeführten 12 Zielen wird in **ausnahmslos allen** Berichten ein 13. Ziel sichtbar. Die LehrerInnen erwarten sich bei der Durchführung von Laborpraxis eine Aktivierung ihrer SchülerInnen. Die SchülerInnen sollen „etwas tun“, sie sollen durch die Aufgaben angesprochen und zum Handeln aktiviert werden.

Interpretation

LehrerInnen setzen unterschiedliche Formen von Laborarbeit ein, um unterschiedliche Ziele zu erreichen. Dies wird bereits sichtbar, wenn nur ein einziges Merkmal (die Stufen von Inquiry) für eine Analyse herangezogen wird.

Das 13. Ziel, die „Aktivierung der SchülerInnen im Unterricht“ könnte mit einem Grundbedürfnis von LehrerInnen zusammenhängen. Das Bedürfnis, sich selber als kompetent zu erleben, sich in seinen Handlungen effektiv zu fühlen, und zwar zum Zeitpunkt der Handlung, ist nach der Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 2002) eines der drei Grundbedürfnisse des Menschen. Wenn die Aktivierung der SchülerInnen sichtbar gelingt, und dies ist im Labor leichter festzustellen als beispielsweise bei einem Vortrag, so nehmen sich LehrerInnen als kompetent wahr. Im Geist dieser Interpretation folgt nun ein Zitat aus einem Bericht, das beim genauen Hinsehen ein Grundbedürfnis der Lehrperson enthüllt:

Alle SchülerInnen waren mit Begeisterung und Engagement bei der Sache, was auch eine persönliche Bereicherung für mich als Lehrer darstellte.

Literatur

- Deci, E. L. & Ryan, R., M. (Hrsg.). (2002). Handbook of Self-Determination Research. Rochester, USA: The University of Rochester Press
- Dörfler, W. & Koliander, B. (2009). Wie können innovative Lehrkräfte Unterstützung bekommen? In K. Krainer, B. Hanfstingl & S. Zehetmeier (Hrsg.), Fragen zur Schule - Antworten aus Theorie und Praxis. Ergebnisse aus dem Projekt IMST. Innsbruck: Studienverlag, 113-130
- Koliander, B. & Puddu, S. (2011). Inquiry Learning - was ist forschendes Lernen? IMST-Newsletter, 36.
- Krainer, K. (2002). Lernen im Aufbruch - ein Innovationsnetz als Chance. In K. Krainer, W. Dörfler, H. Jungwirth, H. Kühnelt, F. Rauch & T. Stern (Hrsg.), Lernen im Aufbruch: Mathematik und Naturwissenschaften. Pilotprojekt IMST² (Vol. 1). Innsbruck: Studienverlag
- Schuster, A. & Rösler, G. (2009). Was bringt es Lehrer/innen, ihre Erfahrungen aufzuschreiben? In K. Krainer, B. Hanfstingl & S. Zehetmeier (Eds.), Fragen zur Schule - Antworten aus Theorie und Praxis. Ergebnisse aus dem Projekt IMST. Innsbruck: Studienverlag
- Singer, S., R., Hilton, M., L. & Schweingruber, H., A. (2006). America's Lab Report. Investigations in High School Science. Washington: The National Academic Press

² Nature of Science

Keine Lust auf Physikunterricht? – Eine Veränderung der Motivation von Studierenden im Grundschullehramt ist zwingend notwendig

Sinkendes Interesse der Lernenden an naturwissenschaftlichen Inhalten im Laufe der Schulzeit ist hinreichend bekannt. So ist es nicht verwunderlich, dass im WS 2011/12 von 60 Studierenden im Lehramt Grundschule (Bachelor) nur vier Freude am Physikunterricht hatten – 56 Studierende nicht. Aber genau diese Studierenden legen mit ihrem Unterricht den Grundstein für eine naturwissenschaftliche Denkweise – eine Denkweise, die sie in der Regel selbst nicht verinnerlicht haben. Doch was genau sind die Besonderheiten dieser Denkweise? Vergessen wir nicht häufig, uns bewusst zu machen, dass es einen Unterschied zwischen den im Physikunterricht modellierten Gesetzen und der realen Welt gibt? In der Natur können wir diese exakt mathematisierten Gesetze nicht beobachten, das macht Physik für viele uneinsichtig. Später scheint die Diskrepanz zwischen möglichen Schülerfragen und „vorgefertigtem“ Weg (didaktisiertes Modell) der Lehrenden eine zentrale Rolle zu spielen. Der Einfluss einer Diskussion erkenntnistheoretischer Fragestellungen im Seminar auf die Motivation der Studierenden wird im Folgenden dargestellt.

Der „Rosinenlift“ – eine multiperspektivische Betrachtung

Experimente müssen nach Ansicht der Studierenden in erster Linie spannend sein, sollen verblüffen, das Interesse wecken und die Kinder für das Phänomen interessieren. Ein sehr beliebtes Experiment ist der ‚Rosinenlift‘. Hier werden in ein Glas Sprudelwasser einige Rosinen gegeben, die nach kurzer Zeit anfangen wie magisch zu tanzen, als hätten sie die Aufgabe, das Wasser von den Gasblasen zu befreien. Doch wie kann man das erklären?³⁹ Einige glauben, dass die aufsteigenden Blasen die Rosinen mit sich reißen, andere wissen, dass es etwas mit dem Auftrieb zu haben muss. Doch kann man durch "wahrnehmen, betrachten, beobachten, beschreiben, vergleichen, unterscheiden und benennen" – genau das sind die Tätigkeiten, die die Grundschüler ausführen sollen (Perspektivrahmen des SU, GSU, 2002) – erkennen, dass es sich bei der Ursache des Phänomens um den Auftrieb handelt? Die Grundschulkinder sollen bei der Untersuchung des Phänomens lernen, es auf Regelmäßigkeiten zurückzuführen um anschließend Konsequenzen für das Alltagshandeln abzuleiten.

Didaktisches Modell der „Multiperspektivischen Modellierung“

Zur Analyse des Phänomens ‚Rosinenlift‘ wird das didaktische Modell der ‚Multiperspektivischen Modellierung‘ (Böhm, 2012), welches den Prozess der physikalischen Erkenntnisgewinnung darstellt, verwendet. Das Modell besteht grundlegend aus einer dreistelligen Relation: dem Phänomen, dessen wissenschaftlichem (oder didaktischem) Modell und dem beteiligten Lernenden (Kircher, 1995). Dabei wird die Entwicklung des – aus dem wissenschaftlichen Modell – didaktisierten Modells, unter Berücksichtigung von Schülervorstellungen, gesondert thematisiert. Das Phänomen wird dabei aus unterschiedlichen Perspektiven (z. B. aus mathematischer, physikalischer oder chemischer) modelliert.

Im Lernprozess entwickelt der Schüler entsprechend des zugrunde liegenden Modells zwei mentale Modelle: (1) aus den Daten, welche er durch die Beobachtung des Phänomens erhält und (2) aus dem didaktisierten Modell des wissenschaftlichen Modells, welches der Lehrer

³⁹ Eine genaue Beschreibung und Erklärung des Phänomens findet sich bei Schlichting (1991).

im Unterricht verwendet, um dem Schüler die Erklärung des Phänomens nahe zu bringen. Der Schüler muss nun diese beiden mentalen Modelle vereinen und ein eigenes mentales Modell entwickeln. Gelingt ihm eine plausible Vereinigung dieser mentalen Modelle nicht, bleiben in der Regel beide Vorstellungen nebeneinander stehen und der Schüler fällt nach dem Unterricht in alltagsnahe Konzepte (mentale Modelle) zurück.

Rosinenlift

Das Experiment Rosinenlift wird in der Regel nur mit Sprudelwasser und einigen Rosinen durchgeführt (Abb. 1, A). Welche Erkenntnisse können die Schüler aus der Beobachtung gewinnen und welche Fragen ergeben sich daraus? Sehen sie wirklich das Gleiche wie Physiker? Bei der genauen Beobachtung des Experimentes fällt als erstes auf, dass sich Blasen an der Rosine bilden. Daraus ergeben sich schon eine Reihe von Fragestellungen bei den Kindern, auf die unter der physikalischen Brille „Auftrieb“ nicht eingegangen wird: Wie entstehen diese Blasen? Entstehen die Blasen nur an Rosinen oder auch an anderen Gegenständen? Geht es auch in andern Flüssigkeiten (Leitungswasser)? Um all diese Fragen beantworten zu können, sind eine Reihe von weiterführenden Versuchen notwendig.

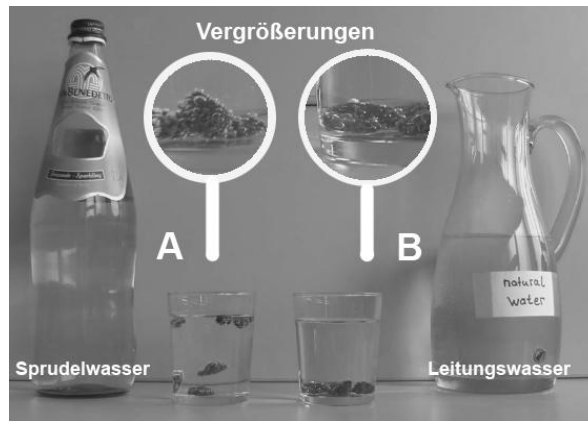


Abb. 1: Rosinen werden (A) in Sprudelwasser und (B) in Leitungswasser geworfen.

Wird der Versuch in Leitungswasser durchgeführt, bilden sich ebenfalls Blasen an der Rosine (Abb. 1, B). Es werden auch immer mehr Blasen, doch die Rosine beginnt nicht zu tanzen. Auch hier ergeben sich wieder zahlreiche Fragen: Warum bilden sich nicht mehr Blasen an der Rosine? Was passiert bei anderen Gegenständen im Wasser? Die Lehrenden gehen in der Regel gar nicht auf die zahlreichen Fragestellungen – die sich direkt aus der Beobachtung ergeben – ein, sondern verfolgen ihren gewählten Weg, den Kinder das Phänomen Auftrieb nahe zu bringen. Es ist an dieser Stelle nicht zu verhindern, dass die Kinder zwei völlig unterschiedliche mentale Modelle entwickeln, einerseits aus der Beobachtung des Phänomens und andererseits aus den Erklärungen der Lehrenden. Bei einem eigenen Integrationsversuch werden zahlreiche weitere Fragen und Probleme aufgeworfen: z. B. Warum sieht der Lehrer genau das: Auftrieb? Warum entstehen im Leitungswasser nicht mehr Blasen?.

Mit Hilfe des vorgestellten didaktischen Modells soll den Studierenden ein Handwerkszeug gegeben werden, um die gewählten Versuche kritisch zu hinterfragen, entsprechend der beiden Perspektiven: (1) Welche Informationen erhalten Grundschüler bei der Interaktion (genauen Beobachtung) des Experimentes? (2) Welches didaktisierte Modell möchte der Lehrer den Schülern (mit welchem Ziel) vermitteln?

Untersuchung der Motivationsentwicklung der Studierenden

An der Studie nahmen – im Rahmen eines Seminars zum Sachunterricht mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt – 60 Studierende (Bachelor) teil. Die Studierenden sollten ihr selbst gewähltes Experiment mit Hilfe des didaktischen Modells der „Multiperspektivischen Modellierung“ erörtern und den Einsatz im Sachunterricht anhand des sächsischen Lehrplans begründen. Darüber hinaus wurden zwei Grundschulklassen eingeladen, um das eigene Experiment gemeinsam mit Schülerinnen und Schülern durchzuführen. Die Studierenden wurden vor und nach dem Seminar über ihre Motivation befragt, Naturwissenschaften zu unterrichten. Zur Evaluation der Motivation der Studierenden wurde der Erwartungs-Wert-Fragebogen zur Lern-Motivation (EWF-LM) (Narciss, 2006) eingesetzt.

In einer Faktorenanalyse ergaben sich die von Narciss (2006) diskutierten Kategorien zur Beschreibung der Motivation: (1) Intrinsische Motivation, (2) Erreichte Kompetenz und Leistungsanreiz und (3) Anstrengung. Die interne Konsistenz der drei Faktoren im Prä- und Posttest kann dabei als durchweg gut bezeichnet werden (Cronbachs α liegt im Intervall [.75, .90]). Die erreichten Mittelwerte bei den drei Faktoren im Prä- und Posttest sind in Abbildung 2 dargestellt. Darüber hinaus wurde eine Varianzanalyse durchgeführt, die für alle drei Faktoren signifikante Ergebnisse lieferte.

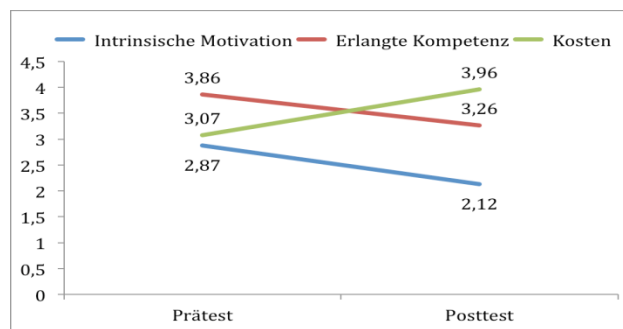


Abb. 2: Mittelwerte im Prä- und Posttest (6-stufige Likertskala), $N = 33$ Studierende

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Das Unterrichten von naturwissenschaftlichen Inhalten stellt sehr hohe Anforderungen an die Lehrenden, die damit oft überfordert sind. Sie müssen dabei stets reflektieren, dass die Grundschüler völlig offen – ohne unsere wissenschaftliche Brille – beobachten und eigene Fragestellungen entwickeln, die nicht mit den unsrigen übereinstimmen müssen. Das Finden und Vorbereiten von geeigneten Experimenten ist sehr aufwändig. Das Ziel der weiteren Arbeit wird sein, Hilfestellungen für die Studierenden in diesem Prozess zu entwickeln.

Literatur

- Böhm, U. (2012). Förderung von Verstehensprozessen unter Einsatz von Modellen. In H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos Verlag
- Kircher, E. (1995). Studien zur Physikdidaktik: Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundlagen. Habilitationsschrift. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)
- Narciss, S. (2006). Informatives tutorielles Feedback. Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse. Reihe Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 56. Münster: Waxmann
- Schlichting, H. J. (1991). Lastentransport im Limonadenglas. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 39/10, 14

Kontextorientierte Aufgaben in der Hochschuldidaktik

Seit dem Wintersemester 2010/2011 werden an der TU Braunschweig kontextorientierte Aufgaben für Physikstudierende in Tutorien, in denen die Studierende Aufgaben aktiv bearbeiten können, umgesetzt und erprobt. Im Wintersemester 2011/2012 konnten auch Studierende des Nebenfachs Physik in die Erprobung einbezogen werden. In einem Prä-Post-Design werden dabei Motivation, Selbstkonzept, selbsteingeschätzte studentische Kompetenzen und die Leistungsfähigkeit untersucht. Außerdem wurde für die Kontexte, die in den Tutorien behandelt werden, ein Testinstrument entwickelt (vgl. Henning, 2012) bzw. erweitert (vgl. Kuhn, 2010), um den Grad der Kontextorientierung messen zu können.

Durch die Kontextorientierung soll, wie in Abb. 1 illustriert, das Interesse der Studierenden, vor allem das der Nebenfachstudierenden, geweckt werden. Die Studierenden sollen sich aktiv mit authentischen Problemen aus Alltag und Technik beschäftigen und somit die Möglichkeit erhalten, Wissen und Heuristiken im neuronalen Netzwerk einzubinden und zu organisieren (vgl. Arnold, 2002, S. 60).

Durch kontextorientierte Aufgaben sollen zweierlei emotionale Ebenen angesprochen werden: zum einen die affektive; die Studierenden sollen Spaß an ihrer Tätigkeit haben und Physik nicht als dröge oder alltagsfern erfahren. Zum anderen können die Studierenden konkrete Handlungen von Personen nachvollziehen, ergänzen und sich so in Situationen hineinversetzen, was letztlich auch dazu führt, dass „auf so erworbenes Wissen über mehrere neuronale Netze zugegriffen werden kann“ (Herrmann, 2009, S.93). Die Erfahrungswelt der Studierenden wird unmittelbar angesprochen, sodass der Lerngegenstand in seiner Bedeutung und seinem Sinn für die eigene Lebenswelt wahrgenommen werden kann (vgl. Schirp, 2009, S.116).

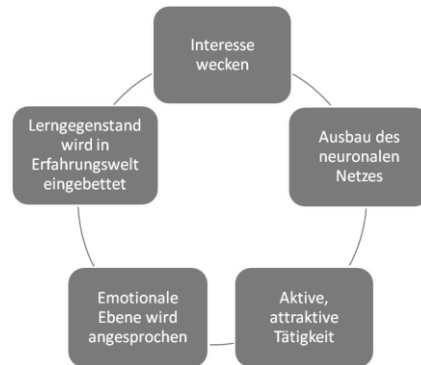


Abb. 1: Warum Kontextorientierung an der Hochschule?

Untersuchungsdesign

Die Untersuchung ist in einem Kontrollgruppendesign aufgebaut. Die Physikstudierenden und die Studierenden des Nebenfachs werden anhand eines Prätests in zwei parallelisierte Gruppen eingeteilt. Einteilungsmerkmale sind neben den Studiengängen die intrinsische Motivation, die mit der Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM) gemessen wird (vgl. Wilde u.a., 2009) sowie die Leistungsfähigkeit, die über die Abiturnote und das Force Concept Inventory (FCI) erfasst wird (vgl. Hestenes u.a., 1992). Die Experimentiergruppe erhält über ein Semester hinweg in einem wöchentlichen Tutorium mit einer 45-minütigen Dauer kontextorientierte Aufgaben, die Kontrollgruppe die gleichen Aufgaben, aber ohne Bezug zum Kontext. Die Tutorien richten sich inhaltlich an die jeweilige Vorlesung für die Studierenden: dies sind die Vorlesungen „Mechanik und Wärme“ für die Physikstudierenden und „Physik für Biologen, Geoökologen, Chemiker, Lebensmittelchemiker“ für

Nebenfachstudierende. Die Studierenden haben die Möglichkeit, insgesamt je zwölf Aufgaben zu bearbeiten.

Fragebogen zur Kontextorientierung

Um den Grad der Kontextorientierung messen zu können, wurde ein Fragebogen entwickelt und validiert. Dieser Bogen enthält neben Items zur Kontextorientierung (vgl. Kuhn, 2009, S. 305) auch Items zur Motivation (vgl. Korner, 2011). Nach der Bearbeitung jeder Aufgabe

Physiker	Nebenfachstudierende
Faktor 1: Item 1, 6, 7, 8 (47,0 %) ➔ Alltagsbezug	Faktor 1: Item 1, 3, 4, 7, 8 (47,8%) ➔ Authentizität
Faktor 2: Item 5, 9, 10, 11 (14,0 %) ➔ Spaß, Interesse	Faktor 2: Item 5, 6, 9, 10 (11,4 %) ➔ Spaß, Interesse
Faktor 3: Item 2, 3, 4 (10,8 %) ➔ Kontextorientierung	Faktor 3: Item 11, 12 (8,7 %) ➔ Zufriedenheit, Anstrengung
3 Faktoren erklären 71,8 % der Gesamtvarianz	3 Faktoren erklären 67,8 % der Gesamtvarianz

Abb. 2: Ergebnisse der Faktorenanalyse des Fragebogens in beiden Kohorten

erhalten die Studierenden den Bogen, auf dem sie den Grad der Kontextorientierung der zuvor gerechneten Aufgabe anhand von zwölf Items angeben sollen. Eine Faktorenanalyse und Reliabilitätsanalyse zeigen, dass der Bogen in den Kohorten verlässlich arbeitet. Die Faktoren erklären bei den Studierenden der Physik 71,8 %, bei den Studierenden des Nebenfachs 67,8 % der Gesamtvarianz. Die Anteile jedes Faktors an der Gesamtvarianz sind in Abb. 2 dargestellt. Die Reliabilität innerhalb der Skalen zeigt größtenteils sehr gute Ergebnisse. Bei den Physikstudierenden liegt Cronbachs α jeweils bei deutlich über 0,800, bei den Nebenfachstudierenden liegt nur die Zufriedenheits-Anstrengungs-Skala mit $\alpha = 0,509$ deutlich unter 0,800. Diese Skala sollte dementsprechend für die Bewertung der Aufgaben nicht herangezogen werden.

Ergebnisse Motivation

Die Motivation ist in beiden Kohorten nach der Instruktionsphase signifikant unterschiedlich. Der Motivationsverlauf der Physikstudierenden ist in Abbildung 3 dargestellt.

Die Kontextorientierte Gruppe ($n = 27$) ist am Semesterende mit einem Motivationsgrad von 51,7 % knapp signifikant motivierter als die Kontrollgruppe ($n = 22$) mit einem Motivationsgrad von 46,7 %. Das Signifikanzniveau liegt bei $p = 0,05$, die Effektstärke nach Cohen bei $d = 0,82$.

Der Motivationsgrad der Nebenfachstudierenden ist in Abb. 4 dargestellt. Zur Semestermitte wurde eine Zwischenevaluation durchgeführt, in der die Kontrollgruppe ($n = 19$) motivierter war als die Experimentiergruppe ($n = 26$), allerdings ist dies kein signifikanter Unterschied.

Am Semesterende wurde ein signifikanter Unterschied in der Motivation zwischen Experimentier- und Kontrollgruppe festgestellt. Die Studierenden, die sich über ein Semester hinweg mit kontextorientierten Aufgaben beschäftigt haben, gaben an, signifikant motivierter zu sein, als die Studierenden der Kontrollgruppe ($p = 0,035$; $d = 0,95$).

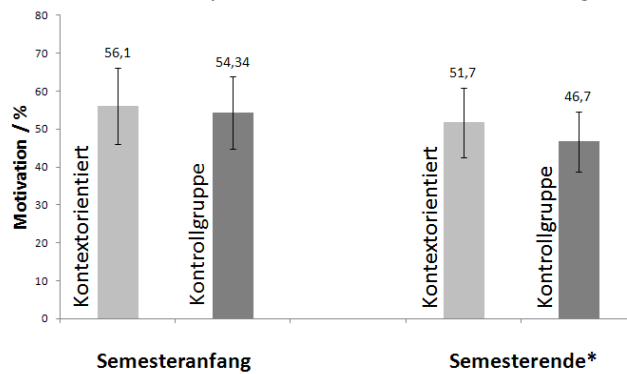


Abb. 3: Motivationsgrad Physikstudierende

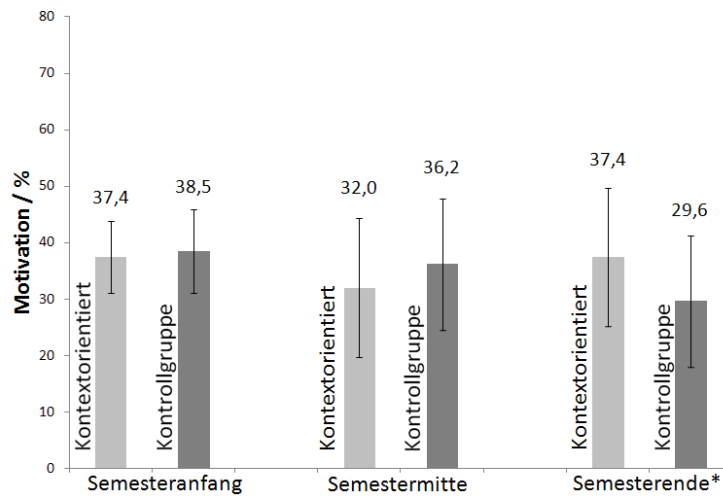


Abb. 4: Motivationsgrad Nebenfachstudierende

Die Studierenden beider Experimentiergruppen sind am Semesterende signifikant motivierter als die Studierenden der Kontrollgruppen, wobei jeweils große Effektstärken auftreten. Die Studierenden des Nebenfachs geben außerdem an, in der Experimentiergruppe signifikant weniger unter Druck und Anspannung im gesamten Nebenfach Physik zu stehen ($p = 0,041$; $d = 0,71$) und schätzen ihre eigene Leistung signifikant höher ein ($p = 0,013$; $d = 1,12$) als die Studierenden der Kontrollgruppe.

Für Studierende in den Anfängervorlesungen sowohl im Haupt- als auch im Nebenfach sind kontextorientierte Aufgaben zur Motivationssteigerung daher sehr gut geeignet. Um detaillierter auf die Leistungsfähigkeit eingehen zu können, soll sich ein Test zur Problemlösekompetenz anschließen.

Literatur

- Arnold, M. (2002). Aspekte einer modernen Neurodidaktik. Emotionen und Kognitionen im Lernprozess. (= Schriften der Philosophischen Fakultäten der Universität Augsburg, Nr. 67). München: Verlag Ernst Vögel
- Henning, T. (2012). Fragebogen zur Kontextorientierung von Aufgaben. Aktualisierungsdatum: 05.10.2012. <https://www.tu-bs.de/Medien-DB/ifdn-physik/fragebogenkontextorientierungwise1112.pdf> (08.10.2012)
- Herrmann, U. (2009). Lernen findet im Gehirn statt. In R. Caspary (Hrsg.), Lernen und Gehirn: Der Weg zu einer neuen Pädagogik. 6. Aufl. Freiburg i. Br.: Herder.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141-158
- Korner, M., Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Messinstruments zur Motivation. Paper presented at the GDCP Jahrestagung - Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht, Oldenburg
- Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Bereich von Instruktionen- und Lehr-Lern-Forschung. Wiesbaden: Vieweg und Teubner
- Schirp, H. (2009). Neurowissenschaften und Lernen. In R. Caspary (Hrsg.), Lernen und Gehirn: Der Weg zu einer neuen Pädagogik. 6. Aufl. Freiburg i. Br.: Herder.
- Wilde, M. u.a. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 31-45

Die Vorstellungen von Studenten der Mittelstufe und ihr Einfluss auf Lehrerbildung (am Beispiel Wärmelehre)

Einführung

Die Lehrerbildung der Mittelstufe an der P.H. Algier dauert vier Jahren, in denen die Studierendenlehrer die kognitive Bildung und berufliche Ausbildung erlernen. Der Schwerpunkt liegt auf der kognitiven Seite in den ersten und zweiten Jahren der Bildung, zusätzlich zu der kognitiven Bildung, während der letzten zwei Studienjahren bekommen sie die gewerbliche und angewendete Ausbildung in der Mittelschulen (Training in der Schule). Die Ausbildung an der P.H. ist sehr wichtig, da den Studierendenlehrer vor seinem Lehrberuf unterschiedliche Wissen, Erkenntnisse in den verschiedenen Unterrichtsfächern der Physik und berufliche und spezialisierte Fähigkeiten und Fertigkeiten erwerben soll (Sadani M. T., 1999).

Theoretischer Hintergrund

Der Physikunterricht konfrontiert im Moment in Algerien eine Reihe von didaktisch-methodischen Lernschwierigkeiten, darin ist die Lehrerbildung für den Physikunterricht eingeschlossen. Die Lehrer sind nicht in der Lage die neuen Lehrpläne effektiv umzusetzen. Um diese Lernschwierigkeiten durch den Physikunterricht insbesondere in der Mittelstufe zu überwinden, müssen wir den Bildungsprozess der Studierendenlehrer an der P.H. in Algerien verbessern, um die erworbenen Wissen im Unterricht im Rahmen des Lernprozesses des Schülers zu verwenden, so dass die Studierendenlehrer die Möglichkeiten geben, seine Aktivitäten und Interessen zu zeigen, damit seine Vorstellungen zu den Phänomenen im Alltag zu äußern, diese Vorstellungen sollten von Studierendenlehrer im Lehrerbildungsprozess aktiviert und eingesetzt werden.

Hier wirft eine grundsätzliche Frage, wie die Studierendenlehrer an der P.H. auf der Grundlage ihrer Vorstellungen auf der einen Seite und der Schülervorstellungen auf der anderen Seite ausgebildet werden? Dabei besteht das Ziel der Arbeit in einer Analyse der Behandlung der Phänomene im Lehrerbildungsprozess im Fach Physik am Beispiel Wärmelehre und daraus abgeleiteten Folgerungen für einen didaktischen- methodischen Kurs für die Studierendenlehrer zu konzipieren.

Aufgrund der Verbreitung von Vorstellungen bei den Studierendenlehrer sowie auch bei den Schülern und ihre schwierige Behandlung im Lehr- und Lernprozess wurden unterschiedliche Studien durchgeführt (Duit, 2002; Da Silva Carneiro, 2003; Wiesner et al., 2007). Die Ergebnisse der genannten Untersuchungen zeigten, dass die Schüler ebenso wie die Studierenden Vorstellungen aus den verschiedenen Erfahrungen der Alltagsleben bringen. Die Schwerpunkte der vorliegenden Arbeit bestehen darin, die Vorstellungen der Schüler und Studierendenlehrer bei der Behandlung der Wärmelehre zu erfassen. Die Differenzierung zwischen Wärme und Temperatur und ihrer Anwendung zur Beschreibung und Erklärung einiger Phänomene der Wärmelehre bereitet die Schüler ebenso wie die Studierendenlehrer in Algerien größeren Schwierigkeiten.

Die Methodik der Untersuchung

Es wurde ein gleicher Fragebogen für die Studierendenlehrer und Schüler verwendet. Dieser Fragebogen besteht aus acht geschlossene Fragen über verschiedenen Begriffen im Bereich der Wärmelehre. Es wurden vier Antwortmöglichkeiten gegeben, eine ist richtig, die die

Studierendenlehrer und Schülern ankreuzen sollen. Zusätzlich zu den achten Fragen werden fünf weitere Fragen für die Studierendenlehrer über die Qualität des Lehrerbildungsprozesses an der P. H. gegeben. Die Stichprobe besteht aus 2 Klassen, insgesamt 60 Schülerinnen und Schülern der 1. Klasse der Mittelstufe (Sekundarstufe 1) aus zwei Mittelschulen in Algier wurden teilgenommen. Und 30 Studierendenlehrer des letzten Studienjahres (4. Studienjahr) der Ausbildung, die zum Physikunterricht für Mittelschule (Sekundarstufe I) gebildet. Der Fragebogen wurde im Studienjahr (2011-2012) nach der Behandlung der Phänomene der Wärmelehre abgeschlossen.

Ausgewählte Ergebnisse und Auswertung

Auf Basis der Ergebnisse des Fragebogens kann man über die Studierendenlehrervorstellungen und Schülervorstellungen folgende zusammenfassen.

Zum Temperaturbegriff

In der Untersuchung wurden die Studierendenlehrer und die Schüler befragt: Was haben sie unter dem Begriff Temperatur verstanden? Etwas (42,6%) der Schüler und Dreiviertel (78,1%) der Studierendenlehrer haben die Temperatur als subjektive Empfindung erkannt *„Temperatur ist eine physikalische Größe, die gibt an, wie warm oder kalt ein Körper ist. Sie wird mit Thermometer gemessen und mit Grad Celsius °C ermisst wird.“* Sie haben die Vorstellungen, auf deren Grundlage sie ohne große Schwierigkeiten den physikalischen Inhalt der Begriffe Temperatur erkannt haben. Sie beschreiben den Begriff Temperatur als eine physikalische Größe und sie wird auf einer Temperaturskala in Grade-Celsius ausgedrückt und mit °C bezeichne. Sie erfassen den Begriff „Temperatur“ als Zustandsgröße. (7,4 %) der Schüler und (6,3 %) der Studierendenlehrer sprachen über die Temperatur als objektiven Temperaturempfindens *„Physikalische Größe, die mit Thermometer gemessen wird.“* Gemäß dieser Bedeutung kann die Temperatur eines Körpers mit dem Thermometer bestimmen (gemessen), wenn das Thermometer mit einem Körper ins thermische Gleichgewicht kommt. Etwa (26,5%) der Schüler und (9,4%) der Studierendenlehrer haben keinen Unterschied zwischen Temperatur und Wärme gesehen, sie setzen die Temperatur und Wärme gleich, *„Temperatur beweist die Steigerung oder Senkung der Wärme“*. (4,4%) der Schüler hat die Antwortmöglichkeit *„Sie ist die Steigerung der Temperatur während des Siedens“* angekreuzt. In diesem Fall wurde die Steigerung der Temperatur im Zusammenhang mit dem Wassersieden im Sinne eines Faktes gebracht, d.h. es wird sich hier nur auf den Einsatz des Begriffs der Temperatur bei der Siedetemperatur des Wassers beschränkt. Bemerkenswert ist der Prozentsatz bei den Studierendenlehrer so viel weniger (00%). Vergleicht man diese Ergebnisse mit der Antwortmöglichkeit der Frage über die Bedeutung „Wärme“ so führten zum Schluss, dass die befragten Schüler und die Studierendenlehrer eine Vermischung bzw. Zweideutigkeit zwischen der Wärme und der Temperatur gemacht haben. Die Schwierigkeiten bei der Unterscheidung der Begriffe Temperatur und Wärme sind sehr wesentlich auf die Alltagssprache zurückzuführen. Im Arabischen benutzt man für Temperatur und Wärme den gleichen Begriff "Gradwärme" und "Wärme", mit "Gradwärme" wird die Temperatur gemeint.

Der Vorgang „Sieden des Wassers“

Es wurde mit diesem Vorgang befragt: *„Beim Sieden verändert sich das Wasser von dem flüssigen Zustand zum dampfförmigen Zustand. Beschreibe die Veränderungen der Temperatur in diesem Fall!“*. Die Antwortmöglichkeiten zeigen, dass mehr als ein Halb (51,5 %) der Schüler erkannten, dass die Temperatur konstant bleibt wird. Die Befragten nutzen zur Beantwortung entsprechender Frage ihr erworbenes Wissen und gingen weniger von den alltäglichen Erfahrungen aus. Im Vergleich zu den Schülern gab es keinen Studierendenlehrer, der die Veränderungen der Temperatur richtig beschrieben hat. Eine große Anzahl der befragten Studierendenlehrer (43.8%) haben den Vorgang nur im Sinne der Steigerung der Temperatur, die zur *„Veränderung des physikalischen Zustands“* führt,

beschrieben. Bei den Schülern nur (17.6%) hat eine solche Vorstellung. Die anderen Schüler (4.5%) nannten das Sieden des Wassers im Sinne vom Verdampfen „*Zum Sieden des Wassers sagt man Verdampfen*“, normalerweise Verdampfen ist ein Oberbegriff, zu dem die Vorgänge Sieden und Verdunsten gehören. Die Vorgänge Sieden und Verdunsten werden unter dem Oberbegriff „Verdampfen“ zusammengefasst. Bemerkenswert liegt hier den Prozentsatz bei den Studierendenlehrern soviel höher als bei den Schülern (26.1%). (10,3%) der Schüler und (28.1%) der Studierendenlehrer sehen den Vorgang nur von einer Seite, die vorläufige Steigerung der Temperatur im Sinne von einer Veränderung, wenn sie sagten „*die Temperatur ändert sich von 0 °C bis 100 °C*“. Sie vorstellen nicht, was nachher passiert, ob die Temperatur konstant bleibt oder nicht. Und welchem Einfluss hat die Temperatur auf die Zustandsänderung.

Die Bedeutung der verschiedenen Fachfächer für die Studierendenlehrer

Hier wurde die Frage zur Ordnung der Kurse verschiedenen Fachfächer der Physik und ihre Bedeutung und Anwendung im Lehrerbildungsprozess gestellt. Die befragten Studierendenlehrer müssen verschiedener Fachfächern im Lehrerbildungsprozess zuordnen. Die Ergebnisse zeigen, dass etwa ein Drittel (30.2%) der Studierendenlehrer glauben, dass die Didaktik der Physik als wichtigste didaktisch-pädagogische Unterstützung für sie im professionellen Leben des Lehrens ist, weil die geplanten Studienfächer, die im Schullehrplan gegeben werden, bieten für sie die naturwissenschaftlichen und didaktisch-methodischen Wissen im Mittelpunkt zur Ausbildung einerseits und zu den Beruf als Lehrer in der Mittelstufe andererseits. Als zweites Fach in der Zuordnung finden wir das Fach Optik. (13.95%) der Studierendenlehrer sagt, dass das Fach Optik wichtig ist, weil der Physikunterricht an der P.H. Algier auf der angewandte und praktische Arbeit im Labor konzentriert. Dabei werden einfache Experimente von den Studierendenlehrern aufgebaut und durchgeführt. Diese Experimente sind im Allgemeinen in Übereinstimmung mit den geplanten Experimenten (Demonstrations- Schüler- und Praktikumsexperimente) im Schullehrplan, wie z.B. Licht und Sehen, Lichtausbreitung, Reflexion usw. Aus diesem Grund haben der Studierendenlehrer Interesse für die Fachoptik. Die anderen Fächern bilden nur eine Ergänzung, etwa die Hälfte der Studierendenlehrer glaubt, dass der Rest der Kurse nur ergänzend zu den Fachfächern Didaktik und Optik ist (Mechanik 11.6%, Mathematik 10.67 %, Chemie 10.47%, Psychologie 10.47%).

Zusammenfassung

Wir schließen an, dass die Schüler ebenso wie die Studierendenlehrer Vorstellungen aus den verschiedenen Erfahrungen der Alltagsleben im Physikunterricht bringen. Die erwartete Antwort wurde auf Basis des Physikunterrichts bzw. der Lehrbücher heraus gemacht. Wir können beschreiben, wo wir die Probleme sehen; in welchen Bedingungen oder Lernsituationen waren die Schüler und die Studierendenlehrer, dass sie solche Ideen, Überlegungen oder Voraussagen haben. Die Fachdidaktik hat im Lehrprogramm der Lehrerbildung eine zentrale Stelle. Es werden die Schwerpunkte des Unterrichts behandelt.

Literatur

- Da Silva Carneiro, M. H. (2003) . Les représentations sociales des élèves et des Professeurs à propos d'une bonne classe de Biologie. In A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvarg (Hrsg.), Actes des XXV^{es} Journées Internationales sur l'Education Scientifique, 381-386
- Duit, R. (2002): *Alltagsvorstellungen und Physik Lernen*. [www.unikiel.de piko/...piko_Brief_01_Schuelervorstellungen.pdf](http://www.unikiel.de/piko/...piko_Brief_01_Schuelervorstellungen.pdf)
- Heran-Dörr, E., Wiesner, H. & Kahlert, J. (2007). Schülervorstellungen oder Orientierung an Schülervorstellungen ? Wie Lehrkräfte vor und nach einer internetunterstützten Fortbildungsmaßnahme über Physikbezogenen Sachunterricht denken. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 13,161ff
- Sadani, M. T. (1999). L'éducation et la formation professionnelle des enseignants pour l'enseignement de la physique en Algérie, les Phases de développement depuis l'indépendance et les perspectives de renouvellement au début du troisième millénaire, message d'information régulière du Conseil suprême de l'éducation en Algérie, 5, 25-46

Simone Abels¹
 Hannah Busch²
 Anja Lembens¹
 Sandra Puddu¹
 Bernd Ralle²

¹Universität Wien
²Technische Universität Dortmund

Eine Klasse, viele SchülerInnen Vielfalt im Naturwissenschaftsunterricht

Die vielfältigen Entwicklungen in unserer Gesellschaft (Globalisierung, Migration, demographischer Wandel, Wertewandel) bewirken in Schulen eine zunehmende Vielfalt an Identitäten, Lebenslagen und Lernvoraussetzungen. LehrerInnen empfinden den Umgang mit Heterogenität im Unterricht oft als große Herausforderung. Auch in Bezug auf Unterrichtsforschung ergeben sich neue Handlungsfelder und Perspektiven für die Naturwissenschaftsdidaktik.

In diesem Übersichtsartikel wird eine Aufschlüsselung der Konzepte bzw. Perspektiven „Diversität“ und „Heterogenität“ vorgenommen, um anschließend den Kontext zweier Forschungsprojekte zu präsentieren.

Im ersten Projekt liegt der Fokus auf der Implementation von Inquiry-based Learning in den Chemieunterricht unter Berücksichtigung der heterogenen Lernvoraussetzungen der SchülerInnen. Das zweite Projekt spitzt die Thematik auf die Diagnostik und individuelle Förderung fachsprachlicher Kompetenzen zu.

Diversität und Heterogenität – zwei Perspektiven auf Vielfalt

Der normative Anspruch, allen SchülerInnen Partizipation am Unterrichtsgeschehen zu ermöglichen, damit alle eine naturwissenschaftliche Grundbildung erwerben, erscheint utopisch. Die vorherrschende Vielfalt an individuellen Lernvoraussetzungen setzt sich aus fast unüberschaubar vielen Dimensionen und deren Kombinationsmöglichkeiten zusammen. Um diese Vielfalt zu erfassen, werden aus dem Bereich des Diversity Management die „Big 8“ entlehnt (Krell et al., 2007): Ethnizität, Rolle in der Gruppe, Gender, sexuelle Orientierung, mentale und physische Fähigkeiten, Rasse (im Angloamerikanischen eine übliche Abgrenzung zur Nationalität), Alter und Religion, die alle auch im Fachunterricht relevant sein und das Klassenklima beeinflussen können. Aus der Schulpädagogik werden Dimensionen wie Leistung, Vorwissen, Sprache, Sozialschicht, Motivation, Interesse, Lernstil etc. ergänzt (Bohl et al., 2012). Insgesamt ergeben sich sehr komplexe SchülerInnenprofile, denen man mit einem separierenden Schulsystem und der Bildung vermeintlich homogener Lerngruppen nicht mehr gerecht werden kann.

Die Konsequenz ist im deutschsprachigen Raum die Etablierung eines *integrativen* Schulsystems mit heterogenen Lerngruppen. In neuerer Literatur (vgl. z.B. Sliwka, 2010) und auch von der UN (2006) wird jedoch ein *inklusives* Schulsystem gefordert und der Begriff der *Diversität* statt der *Heterogenität* verwendet. Dieser Wandel der Begrifflichkeiten ist mit einer normativen Forderung nach einer Lehr- und Lernreform verbunden, bei der SchülerInnen nicht nur am Regelsystem teilhaben dürfen, sondern die Vielfalt als Ressource und Gewinn für alle Beteiligten wahrgenommen wird. Die Begriffe werden sehr unterschiedlich verwendet, deswegen soll die folgende Tabelle vor allem die vorherrschende und die normative Perspektive gegenüberstellen, ohne auf die Begrifflichkeiten zu bestehen, die immer im jeweiligen Kontext definiert werden müssen. Es soll verdeutlicht werden, wie unterschiedlich der Blick auf Vielfalt sein kann und für die zwei Paradigmen sensibilisiert werden.

Bestehendes System	Normative Forderung
Mehrzügiges, integratives Schulsystem	Einzügiges, inklusives Schulsystem
Recht auf Teilhabe	Recht auf Selbstbestimmung und Gleichheit
Differenzprinzip	Human Rights Approach
Verschiedenheit als Problem	Es ist normal verschieden zu sein
Kompensation	Lehr- und Lernreform
Unterschiedliche Curricula	Ein individualisiertes Curriculum
SonderpädagogInnen	Spezialisierte PädagogInnen
Äußere Differenzierung	Innere Differenzierung

Tab. 1: Zwei Perspektiven auf Vielfalt

Im Artikel von Abels (2013, in diesem Band) werden die Konsequenzen für die Gestaltung von Naturwissenschaftsunterricht ausgeführt.

Inquiry-based Learning und Diversität

Ein vielversprechender Zugang, um der Diversität in der Klasse gerecht zu werden, ist Inquiry-based Learning. Es werden vier Level von Inquiry-based Learning unterschieden (Blanchard et al., 2010), wobei die Verantwortung der Lernenden für den Prozess von Level zu Level zunimmt.

	Source of the question	Data collection methods	Interpretation of results
Level 0: Verification	Given by teacher	Given by teacher	Given by teacher
Level 1: Structured	Given by teacher	Given by teacher	Open to student
Level 2: Guided	Given by teacher	Open to student	Open to student
Level 3: Open	Open to student	Open to student	Open to student

Tab. 2: Level von Inquiry (Blanchard et al., 2010)

Bei Level 3 oder open Inquiry sind die Lernenden für den gesamten Forschungsprozess zuständig, beginnend bei der Fragenfindung bis zur Interpretation der Ergebnisse. Level 3 muss allerdings nicht der optimale Level sein. Die übertragene Verantwortung sollte an die Lernvoraussetzungen der SchülerInnen und die Komplexität der Aufgabenstellung angepasst sein. Gerade bei komplexen Inhalten ist es wichtig, eine angemessene Balance zwischen Strukturierung und Selbststeuerung zu finden. Um die SchülerInnen nicht zu überfordern, sollte Inquiry-based Learning stufenweise eingeführt werden. Mit der sukzessiven Einführung von Inquiry-based Learning sollte auch ein Rollenwechsel der Lehrperson einhergehen, um den Prozess optimal zu unterstützen (De Jong & Van der Valk, 2007; van der Valk & de Jong, 2009). Die Lernbegleitung ist ein entscheidender Faktor für das Lernen (Hmelo-Silver, Golan Duncan, & Chinn, 2007). Als erfolgreiche Möglichkeiten in der Lernbegleitung haben sich unter anderem das Stellen von „echten“ und „offenen“ Fragen sowie das Umformulieren von SchülerInnenaussagen erwiesen (Furtak, 2006, 2008; van Zee & Minstrell, 1997).

Durch das Durchführen von und das Reflektieren über Inquiry werden sowohl Kompetenzen gefördert, wie sie in den Bildungsstandards gefordert werden, als auch realistische Sichtweisen über „Nature of Scientific Inquiry“ angebahnt (Schwartz, Lederman, & Lederman, 2008).

Im Artikel von Puddu und Lembens wird eine empirische Studie vorgestellt, in der Inquiry-based Learning in einer Klasse mit hoher Diversität eingeführt wird und unter anderem eine Entwicklung der Sichtweisen auf „Nature of Scientific Inquiry“ zum Ziel hat. Aufgezeigt wird die Diversität am Beispiel Muttersprache und Alter.

Aus den Ergebnissen dieser Studie werden Implikationen für die Forschung in Gruppen mit hoher Diversität abgeleitet.

Individuelle Förderung fachsprachlicher Kompetenzen

Die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss beschreiben im Kompetenzbereich Kommunikation die „Verwendung der Fachsprache“ (K4) und das bewusste Übersetzen von „Fachsprache in Alltagssprache und umgekehrt“ (K5) als von Schülern zu erwartende Kompetenzen. Die Fachsprache stellt folglich einen Teil der im Unterricht zu vermittelnden Fachkompetenz dar. Einige SchülerInnen haben jedoch im sprachlichen Bereich solche Probleme, dass ihnen der Zugang zur Fachsprache und somit zum Fach Chemie verwehrt bleibt. Aus diesem Grund ist eine gezielte Diagnostik und anschließende individuelle Förderung dieser sprachbezogenen Kompetenzbereiche von Nöten, so dass alle SchülerInnen vom naturwissenschaftlichen Unterricht profitieren können.

Ziel des vorgestellten Promotionsvorhabens war es, ein Analyseverfahren für den Sprachstand von SchülerInnen bezüglich ihrer Fachsprache zu entwickeln (Busch et. al., 2011) und darauf aufbauend in Zusammenarbeit mit Lehrkräften adressatenbezogene Interventions- und Fördermöglichkeiten zu konzipieren, umzusetzen und zu erproben. Gegenstand des Artikels von Busch und Ralle werden die Möglichkeiten der individuellen Förderung bezogen auf die Fachsprache der Schüler sein, sowie Erkenntnisse und Erfahrung, die während der Aktionsforschung gewonnen werden konnten.

Literatur

- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (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
- Bohl, T., Bönsch, M., Trautmann, M. & Wischer, B. (2012). Binnendifferenzierung: Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht. Immenhausen: Prolog
- Busch, H. & Ralle, B. (2011). Begriffe und ihre Bedeutung. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 124/125, 52-55
- Furtak, E. M. (2006). The Problem with Answers: An Exploration of Guided Scientific Inquiry Teaching. *Science Education*, 90 (3), 453-467
- Furtak, E. M. (2008). The Dilemma of Guidance. An Exploration of Scientific Inquiry Teaching. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller
- Hmelo-Silver, C. E., Golan Duncan, R. & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42 (2), 99-107
- Jong, O. de, & Valk, A. E. Van der (2007). Science Teachers' PCK and Teaching Practice: Learning to Scaffold Students' Open-Inquiry Learning. In R. Pinto & D. Couso (Hrsg.), *Contributions from Science Education Research*. Dordrecht: Springer, 107-118
- Krell, G., Riedmüller, B., Sieben, B. & Vinz, D. (2007). Einleitung - Diversity Studies als integrierende Forschungsrichtung. In G. Krell, B. Riedmüller, B. Sieben & D. Vinz (Hrsg.), *Diversity Studies. Grundlagen und disziplinäre Ansätze*. Frankfurt a. M., New York: Campus,
- Schwartz, R., Lederman, N., & Lederman, J. S. (2008). An Instrument To Assess Views Of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire. Paper presented at the International Conference of the National Association for Research in Science Teaching, Baltimore, MD
- Sliwka, A. (2010). From homogeneity to diversity in German education. In OECD (Hrsg.), *Educating Teachers for Diversity: Meeting the Challenge*: OECD Publishing, 205-217
- United Nations (2006). *Convention on the Rights of Persons with Disabilities*. Retrieved 11.07.2011, from <http://www.un.org/disabilities/documents/convention/convoptprot-e.pdf>
- Valk, T. van der & Jong, O. de (2009). Scaffolding Science Teachers in Open-inquiry Teaching. *International Journal of Science Education*, 31 (6), 829-850
- Zee, E. van & Minstrell, J. (1997). Using Questioning to Guide Student Thinking. *The Journal of the Learning Sciences*, 6 (2), 227-269

Diversität und Heterogenität - eine theoretische und normative Verortung im Naturwissenschaftsunterricht

Unsere pluralistische Gesellschaft erfordert eine neue Perspektive auf Schule und die dort stattfindenden Bildungsprozesse. Die vorherrschende Vielfalt an individuellen Lernvoraussetzungen innerhalb einer Schulklasse stellt viele Lehrkräfte vor eine Herausforderung, auf die die meisten nur wenig vorbereitet wurden. Insbesondere der normative Anspruch, allen SchülerInnen Partizipation am Unterrichtsgeschehen zu ermöglichen, damit alle eine naturwissenschaftliche Grundbildung erwerben, erscheint vielen utopisch.

Um den Diskurs über den Umgang mit Diversität und Heterogenität (zur Begriffsklärung s. Abels et al., 2013, in diesem Band) im naturwissenschaftlichen Unterricht zu intensivieren, werden grundsätzliche theoretische und praktische Überlegungen formuliert. Fachdidaktische Konzepte und Handlungsfelder werden mit diesen Überlegungen in Bezug gesetzt und die Bedeutung für naturwissenschaftlichen Unterricht erörtert.

Umgang mit Diversität im naturwissenschaftlichen Unterricht

Eine heterogene Schülerschaft in einer Klasse ist mittlerweile eher die Regel als die Ausnahme. Dies soll durch folgende Grafik aus dem nationalen Bildungsbericht Österreich (Altrichter, Trautmann, Wischer, Sommerauer & Doppler, 2009) veranschaulicht werden:

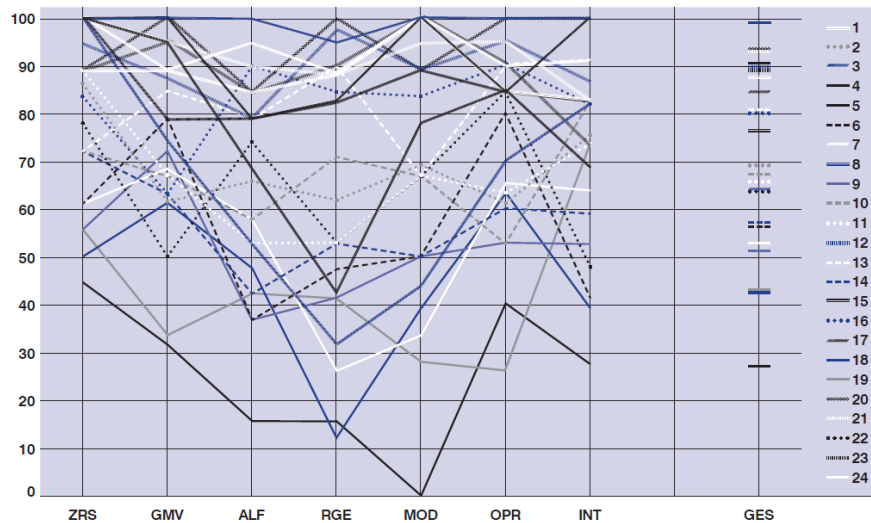


Abb. 1: SchülerInnenprofile einer österreichischen Hauptschulklasse

Die Buchstaben auf der x-Achse kürzen mathematische Teilleistungen¹ ab, die Prozentzahlen auf der y-Achse den Anteil richtig gelöster Aufgaben. Jede Linie gibt das Leistungsprofil einer Schülerin oder eines Schülers wieder. Dies soll verdeutlichen, dass der konstruktive Umgang mit Diversität in jedem Fachunterricht relevant ist und

¹ ZRS: Zahlenverständnis, Rechnen und Statistik; GMV: Größen, Maße und Verhältnisse; ALF: Algebra und Funktionen; RGE: Raumvorstellung und Grundtatsachen der Geometrie; MOD: Modellbilden; OPR: Operieren; INT: Interpretieren.

FachlehrerInnen ihre Unterrichtsgestaltung ebenso an dieser Vielfalt ausrichten müssen wie KlassenlehrerInnen.

Feyerer (2007) stellt eine Reihe von Prinzipien zusammen, die in einem Unterricht, der Diversität willkommen heißt, verfolgt und in jedem Fachunterricht konkret gelebt werden sollten:

- mehr Kooperation, weniger Konkurrenz;
- mehr Team- und Gruppenarbeit, weniger Einzelarbeit;
- mehr Förderung, weniger Selektion;
- mehr Rückmeldung, weniger Bewertung;
- mehr innere Differenzierung, weniger äußere Differenzierung;
- mehr Schülerzentriertheit, weniger Stofforientiertheit;
- mehr Projektunterricht, weniger Fächerunterricht.

Da sich ein Großteil der SchülerInnen für naturwissenschaftlichen Unterricht eher nicht interessiert, den Unterricht sogar für langweilig, autoritär und viel zu theoretisch hält (Sjøberg, 2002), ist es gerade in den Naturwissenschaften von großer Bedeutung, sich an den Interessen, Neigungen und individuellen Lernvoraussetzungen der SchülerInnen zu orientieren. Um wieder mehr SchülerInnen für naturwissenschaftlichen Unterricht zu begeistern, wäre es hilfreich, weniger auf die Stofffülle und Vollständigkeit zu fokussieren und dafür den Stoff auf die Bedürfnisse der SchülerInnen auszurichten und ihren Lernwegen so gut wie möglich zu entsprechen..

Innere Differenzierung im naturwissenschaftlichen Unterricht

Es gibt eine Vielzahl an Möglichkeiten der inneren Differenzierung. Ahlring (2000) unterscheidet dabei nach zentral und dezentral organisiertem Unterricht:

Zentral organisierter Unterricht	Dezentral organisierter Unterricht
Methodenvarianz (Fantasiereisen, Metaplan, Rollenspiel)	Kurze Unterrichtsphasen (kurze Partner- und Gruppenarbeit, Gruppenpuzzle)
Lernzugänge (Sehen, Höre, Tun, Lesen)	Individualisierung (Stationsarbeit, Lernkarteien, Lernprogramme)
Lernhilfen (Strukturvorgaben, Arbeitstechniken, Visualisierung, persönlicher Zuspruch)	Langfristige Gruppenarbeit (Materiallage, Themenkomplexität, Umfang, Neigung)
Zusatzaufgaben (Pflicht- und Wahlaufgaben, Begleitmaterial im Klassenraum)	Projektarbeit (individuelle Bestimmung von Niveau, Umfang und Thema)
Niveauunterschiede (Basis- vs. Komplexübungen, Theorie vs. Experiment, unterschiedliche Steilheit bei Texten, Abstraktionsgrad)	Zeitweise Gruppenteilung (eine Gruppe arbeitet mit der Lehrperson, die anderen still)

Tab. 1: Binnendifferenzierung im Unterricht

Wichtig ist, dass immer ein Begleitprogramm, ein Plan B, für die SchülerInnen parat gehalten wird, die schneller fertig sind. Dies können Wochenpläne, eine Arbeitsblätterammlung o.ä. sein. Voraussetzungen für das Gelingen sind außerdem, dass

- eine Lernkultur der Akzeptanz herrscht, d.h., dass die Unterschiede der SchülerInnen anerkannt und als Ressource für Entwicklung und Lernen genutzt werden (Sliwka, 2010) und
- Regeln und Rituale eingeführt werden, d.h., dass die SchülerInnen zunächst lernen und üben müssen, wie kooperativ und selbständig gearbeitet wird (Ahlring, 2000).

Im naturwissenschaftlichen Unterricht können auf Basis dieser Voraussetzungen alle in der Tabelle 1 genannten Möglichkeiten der Differenzierung in Abhängigkeit von den Ressourcen der Schule und der Lehrperson umgesetzt werden. Darüber hinaus bietet der naturwissenschaftliche Unterricht aber noch einige spezielle Möglichkeiten. Fachspezifische Texte können mit Lernhilfen versehen werden, z.B. mit einem Glossar oder es kann ein Vokabelheft o.ä. angelegt werden (genauer in Busch & Ralle, 2013, in diesem Band). Modelle können als visueller oder auch als handlungsorientierter Lernzugang angeboten werden. Lernstationen können nicht nur Arbeitsblätter, sondern auch Experimentiervorschläge beinhalten, die mit gestuften Lernhilfen versehen werden können (Stäudel, Franke-Braun, & Schmidt-Weigand, 2007). Gruppenarbeit lässt sich mit Hilfe des Inquiry-based Learning gestalten (genauer in Puddu & Lembens, 2013, in diesem Band), das sich für den Umgang mit Diversität wiederum als besonders geeignet erwiesen hat (Scruggs, Mastropieri, & Okolo, 2008). Differenzierung ist dabei über unterschiedlich intensive Lernbegleitung umsetzbar oder über die Gestaltung von Materialtischen, über die Komplexität der Aufgabenstellung sowie die Auswahl der Fragestellung nach Interesse u.v.m.

Fazit

Der Umgang mit Diversität ist eine Herausforderung in Schulen, die auch vor dem naturwissenschaftlichen Unterricht nicht Halt macht. Im Fachunterricht besteht die Chance individuelle Lernvoraussetzungen produktiv zu nutzen. Dafür gibt es im naturwissenschaftlichen Unterricht viele Möglichkeiten, die nicht alle zur gleichen Zeit umgesetzt werden können, aber eine Variation ermöglichen, so dass jedem Schüler bzw. jeder Schülerin von Zeit zu Zeit entsprochen werden kann. Je mehr Selbständigkeit SchülerInnen entwickeln, desto mehr können sie für ihre Bedürfnisse sorgen. Insgesamt können über eine SchülerInnen- statt einer Stofforientierung das Interesse und die Begeisterung für Naturwissenschaften wieder geweckt werden, um langfristig die komplexen Ziele von Scientific Literacy anzugehen.

Literatur

- Ahlring, I. (2000). Es führen viele Wege nach Rom... Muster und Module binnendifferenzierenden Unterrichts. *Praxis Schule* 5-10, 11 (6), 8-14
- Altrichter, H., Trautmann, M., Wischer, B., Sommerauer, S. & Doppler, B. (2009). Unterrichten in heterogenen Gruppen: Das Qualitätspotenzial von Individualisierung, Differenzierung und Klassenschülerzahl. In W. Specht (Hrsg.), *Nationaler Bildungsbericht Österreich 2009*. Bd. 2: Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen. Graz: Leykam
- Feyerer, E. (2007). Integration an (ober-)österreichischen Hauptschulen Eine Standortbestimmung für das Projekt Schulentwicklung durch Schulprofilierung. *Zeitschrift für Inklusion*, 1, 1-21
- Scruggs, T. E., Mastropieri, M. A. & Okolo, C. M. (2008). Science and Social Studies for Students With Disabilities. *Focus on Exceptional Children*, 41 (2), 1-24
- Sjøberg, S. (2002). Science and Technology Education. Current Challenges and Possible Solutions Retrieved 2007/03/18/, from http://folk.uio.no/sveinsj/STE_paper_Sjoberg_UNESCO2.htm
- Sliwka, A. (2010). From homogeneity to diversity in German education. In OECD (Hrsg.), *Educating Teachers for Diversity: Meeting the Challenge*: OECD Publishing, 205-217
- Stäudel, L., Franke-Braun, G. & Schmidt-Weigand. (2007). Komplexität erhalten – auch in heterogenen Lerngruppen: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. *Chemkon*, 14 (3), 115-122

Einführung von Inquiry-based Learning in einer Klasse mit hoher Diversität

In unserer sich ständig verändernden Welt ist eine fundierte naturwissenschaftliche Bildung unentbehrlich, um sie als informierte BürgerInnen aktiv mitgestalten zu können. Eine Anhäufung von Faktenwissen verhilft jedoch nicht zur Teilhabe an einer modernen Gesellschaft. Es muss gewährleistet werden, dass *alle* SchülerInnen eine naturwissenschaftliche Grundbildung erhalten, die sie befähigt, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden und zu reflektieren (NRC, 1996). Inquiry-based Learning wird für SchülerInnen aller Leistungsniveaus empfohlen, um eine Weiterentwicklung ihrer fachlichen und überfachlichen Kompetenzen zu ermöglichen (Rocard et al., 2007). Dennoch findet Inquiry-based Learning zu wenig Beachtung an Schulen. Im Folgenden wird eine Studie vorgestellt, die die Aspekte Diversität und Inquiry-based Learning verbindet.

Rahmenbedingungen

Die Fallstudie wurde während eines Schuljahres in einer 9. Jahrgangsstufe einer städtischen Handelsakademie¹ durchgeführt. In dieser Klasse, die eine hohe Diversität aufweist (s.u.), wurde der Laborunterricht Chemie untersucht, der alle drei Wochen für drei Schulstunden (150 Minuten) stattfand. Inquiry-based Learning wurde stufenweise eingeführt, beginnend mit Level 0 (Beschreibungen der Levels sowie ein Überblick über Inquiry-based Learning siehe Blockartikel von Abels et al., 2013, in diesem Band). Zum Halbjahresende wurde Level 2 erreicht, welcher zu diesem Zeitpunkt als optimal für die SchülerInnen angesehen wurde. Im zweiten Halbjahr wurden die Levels je nach Schwierigkeit der Aufgabenstellungen variiert und zum Abschluss des Schuljahres auf Level 3 erhöht.

Bei den Aufgabenstellungen wurden die sprachlichen Voraussetzungen der SchülerInnen beachtet und zusätzlich zur sprachlichen Vereinfachung visuelle Unterstützung verwendet.

Diversität der Klasse

Zu Beginn des Schuljahres befanden sich 31 SchülerInnen mit 14 Muttersprachen und 11 Nationalitäten in dieser Klasse. Nur vier SchülerInnen haben Deutsch als Muttersprache. 14 SchülerInnen dieser Klasse gehören der Serbisch-Kroatischen Sprachengruppe an. Diese ist auch die einzige Sprachengruppe, die in der Schule mit muttersprachlichem Unterricht gefördert wird.

Beim Alter weist diese Klasse ebenfalls große Diversität auf, die Spannbreite beträgt 3,1 Jahre. Die jüngste SchülerIn war zu Beginn des Schuljahres 13;1, die älteste SchülerIn, 17;0 Jahre alt. Wenn man bedenkt, dass innerhalb eines Geburtsjahrganges drei Entwicklungsjahre Unterschied liegen können, ist diese Spannbreite bemerkenswert.

Forschungsfrage und Methode

Innerhalb dieses Kontextes, hohe Diversität und Inquiry-based Learning, stellte sich nun folgende Frage: „Wie ändern sich die (individuellen) Vorstellungen der SchülerInnen über naturwissenschaftliche Forschung während eines Schuljahres?“

Um diese Frage zu beantworten, wurden verschiedene Methoden zu verschiedenen Zeitpunkten eingesetzt.

¹ Eine Handelsakademie ist eine 5-jährige Schulform (9. – 13. Schulstufe), die mit Abitur abschließt und einen Schwerpunkt bei den Fächern Rechnungswesen und Betriebswirtschaftslehre aufweist.

Ganzjährig wurde die Klasse durch Videoaufnahmen und Audioaufnahmen sowohl von einzelnen Gruppen als auch von der Lehrperson begleitet. Zu Beginn und zum Ende des Schuljahres wurde der „Views of Scientific Inquiry“ (VOSI) Fragebogen (Schwartz, Lederman & Lederman, 2008) eingesetzt, von dem 2008 von Zilker fünf Fragen übersetzt wurden. Im Halbjahr wurden demografische Daten, die Einstellung zu den Naturwissenschaften (OECD, 2005) und das akademische Selbstkonzept im Fach Chemie (Dickhäuser, Schöne, Spinath & Stiensmeier-Pelster, 2002) erhoben. Um einen Überblick über die kognitiven Leistungen zu bekommen, wurde der Intelligenztest CFT 20-R (Weiß, 2006) durchgeführt.

Als Hauptdatenquelle dienen die Video- und Audioaufnahmen. Schwerpunkt für diesen Artikel bilden die Erkenntnisse, die der VOSI Fragebogen liefert. Die weiteren Datenquellen wurden verwendet, um ein umfassenderes Bild der SchülerInnen zu zeichnen. Der VOSI wurde mittels skalierender Strukturierung nach Mayring (2008) ausgewertet. Als Skala wurden die Ausprägungen informed, transitional und naive view verwendet sowie „fehlt“ für Kategorien ohne zugeordnete Antworten kodiert. Als deduktive Kategorien wurden die allgemeinen Aspekte von „Nature of Scientific Inquiry“ verwendet (Schwartz et al., 2008). Diese sind: a) Fragen leiten die Untersuchung, b) Vielfältige Methoden von Untersuchungen, c) Vielfältige Zielsetzungen von Untersuchungen, d) Rechtfertigung von Erkenntnissen, e) Erkennung und Behandlung von anormalen Ergebnissen, f) Ursprung, Rolle und Unterscheidung zwischen Daten und Evidenz und g) Community of Practice. Die Kategorie e) konnte in den Daten nicht gefunden werden, da keine der verwendeten Fragen auf diese abzielt.

Bei der Auswertung waren nun zwei Blickwinkel interessant. Einerseits der Blick auf die gesamte Klasse, andererseits jener auf einzelne SchülerInnen und deren individuelle Entwicklung.

Ergebnisse

Insgesamt gibt es nur 16 SchülerInnen, die sowohl den ersten als auch den zweiten VOSI-Fragebogen ausgefüllt haben. Durch die sechs deduktiven Kategorien ergeben sich insgesamt 96 Zuordnungen. Die Verteilung der Zuordnungen zu Beginn und am Ende des Schuljahres sowie die Entwicklungen zwischen den Kategorien sind in der Abb dargestellt. Bei 13 von den 16 SchülerInnen veränderten sich mehrheitlich die Ausprägungen der Antworten zu reiferen Ansichten.

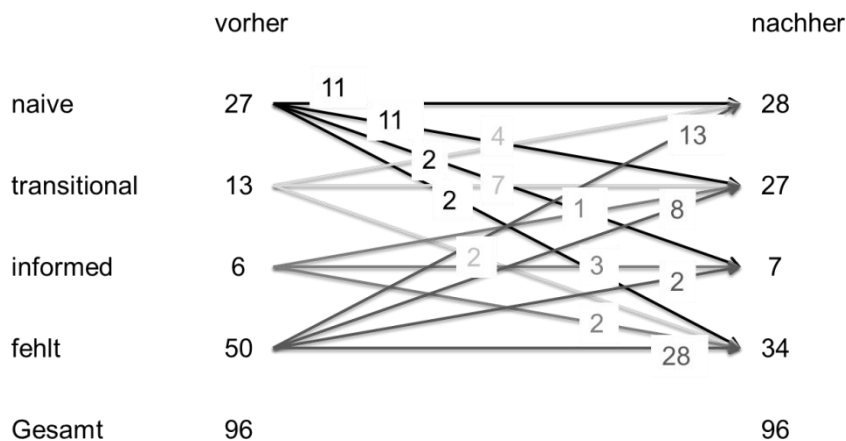


Abb. 1: Verschiebungen der Ausprägungen der Antworten innerhalb der Skala

Beispielhaft soll die Entwicklung eines Schülers nachgezeichnet werden.

Kimi (Name geändert) war zu Beginn des Schuljahres 16;10 Jahre alt. Er ist rumänischer Staatsbürger und Rumänisch ist seine Muttersprache. Bei der Befragung im Halbjahr stimmt er eher nicht zu, dass Naturwissenschaften wertvoll für die Gesellschaft oder auch wichtig für ihn sind. Er sagt auch von sich, dass er überhaupt nicht viel in Chemie kann.

Im Unterricht ist er überall zu finden, nur nicht bei seiner Gruppe und er lenkt gerne andere MitschülerInnen ab. Er beteiligt sich sehr ungern am Unterricht. Allerdings berichtet die Lehrperson, dass Kimi auf direkt gestellte Fragen gute Antworten gibt.

Zu Beginn des Schuljahres, als der VOSI das erste Mal eingesetzt wurde, konnte nur eine Antwort kategorisiert werden. In der Kategorie f) „Daten und Evidenz“ zeigte er eine naive Sichtweise. Bei den meisten Fragen schrieb er nur „Keine Ahnung“.

Am Ende des Schuljahres konnte er sich zu drei Kategorien äußern. In der Kategorie b) „vielfältige Methoden“ zeigte er eine naive, bei d) „Rechtfertigung“ sogar eine informierte Sichtweise. In der Kategorie f) „Daten und Evidenz“ änderte sich seine Sichtweise von einer naiven zu einer „transitional view“.

Fazit

Die genauere Sichtweise auf SchülerInnen, wobei hier nur ein Schüler gekürzt vorgestellt werden konnte, zeigt auf, dass sie sich sehr individuell entwickeln. Es erscheint daher problematisch, ausschließlich eine Gesamtsicht auf die Klasse zu zeigen. Der VOSI eignet sich prinzipiell, um die Daten aus der Video- und Audioanalyse zu ergänzen. In der fachdidaktischen Forschung erscheint es als Ergänzung zu bisherigen Studien sinnvoll, die Diversität von SchülerInnen in einer Klasse zu berücksichtigen und die Forschungsmethoden und -instrumente entsprechend zu adaptieren. Besonders geeignet sind dafür qualitative Methoden. Bei Verwendung von schriftlichen Instrumenten ist die Anpassung, z.B. in Zusammenarbeit mit der Fachlehrperson, an die sprachlichen Voraussetzungen der SchülerInnen der Klasse wichtig.

Literatur

- Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 23 (4), 393-405
- Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 10. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz Verlag
- NRC. (1996). *National Science Education Standards*. Washington D.C.: National Academy Press
- OECD. (2005). Student questionnaire for PISA 2006 Retrieved Dezember, 21, 2011, from <http://pisa2006.acer.edu.au/downloads.php>
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Naturwissenschaftliche Erziehung JETZT: Eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas*. In E. Kommission (Hrsg.), Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, 22
- Schwartz, R., Lederman, N. & Lederman, J. S. (2008). An Instrument To Assess Views Of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire. Paper presented at the International Conference of the National Association for Research in Science Teaching, Baltimore, MD
- Weiß, R. H. (2006). *CFT 20-R Grundintelligenztest Skala 2 - Revision*. Göttingen: Hogrefe

Fachsprachliche Kompetenzen in heterogenen Lerngruppen fördern

Um an der gesellschaftlichen Kommunikation teilhaben zu können, sind sowohl die naturwissenschaftliche Grundbildung als auch die Fähigkeiten, sich diese zu erschließen und im gesellschaftlichen Diskurs mit ihnen umzugehen, von Bedeutung. Bildungssprachliche Kompetenzen spielen daher im Schulalltag eine zunehmende Rolle und sind auch als entscheidende Kriterien für den Schulerfolg anzusehen.

Da inzwischen vermehrt Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund und zusätzlich solche, die zu den Naturwissenschaften von Haus aus keine Beziehung haben, zu unterrichten sind und sich ganz allgemein das Lese- und Schreibverhalten von Schülerinnen und Schülern verändert hat, kommt dem Bemühen um eine angemessene Bildungssprache und der darin eingebetteten Fachsprachlichkeit im Unterricht heute eine neue Bedeutung zu. Eine wichtige Aufgabe der Lehrkräfte ist in diesem Zusammenhang die Entwicklung eines Verständnisses von Fachbegriffen und das Sichern von Fachwörtern in sachlichen Zusammenhängen.

Im Folgenden sollen kleine Instrumente vorgestellt werden, mit denen aufbauend auf einer Diagnose (vgl. dazu Busch, Ralle, 2011) die fachsprachlichen Kompetenzen sowie die sprachlich basierten Fachkompetenzen der Schüler in den Bereichen Vokabular, Begriffsbedeutung und Formulierungen im Unterricht gefördert werden können. Die Instrumente wurden im Rahmen einer Aktionsforschungsgruppe mit acht Lehrkräften aus verschiedenen Schulformen entwickelt, erprobt und mit Lehrerinterviews und Schülerfragebögen evaluiert. Dabei wurde darauf geachtet, dass bei dem Ziel der Förderung der Fachsprache die fachlichen Inhalte nicht vernachlässigt werden.

Eine erfolgreiche und dauerhafte Umsetzung dieser Förderung ist nur dann möglich, wenn sowohl die Äußerungen der Lehrkraft als auch die von Schülern fachsprachlich durchdacht werden und zusätzliche Sprachhilfen in das Arbeitsmaterial eingebracht werden. Die im Folgenden dargestellten Möglichkeiten beziehen sich lediglich auf das Arbeitsmaterial. Aber auch sie können nur dann zu einem Erfolg auf lange Sicht führen, wenn auch die Äußerungen und Verschriftlichungen sprachlich sensibel gehandhabt und bewusst überdacht werden.

Lernplakat Versuchsvorschriften

Gerade das Schreiben von Versuchsprotokollen bietet einen Anlass, im Rahmen des Regelunterrichts die Fachsprache besonders zu berücksichtigen. Eine Möglichkeit dazu besteht zum Beispiel darin, den Schülern Hilfen für die Formulierung von Versuchsprotokollen an die Hand zu geben, die sie auf spezielle sprachliche und fachsprachliche Kriterien aufmerksam machen, wie es mit dem Lernplakat geschehen kann.

So können beispielsweise die unterschiedlichen Texttypen eines Protokolls (Durchführung = Prozessbeschreibung, Beobachtung = Faktenbeschreibung und Deutung = erklärender Text mit häufig komplexer Grammatik) in Erinnerung gerufen und entsprechende Formulierungshilfen angeboten werden. Zusätzlich bietet diese Hilfe auch die Möglichkeit, grammatikalische Besonderheiten ins Gedächtnis zu rufen, wie z.B. die Trennung von Partikelverben bei der Umschreibung in einer unpersönlichen Form (z.B. „hinzufügen – man fügt hinzu“). Durch die Bereitstellung typischer Hilfwörter zur zeitlichen Strukturierung können Schüler zudem bei Unsicherheiten auf diese Liste zurückgreifen.

Bedeutungsvergleiche

Da Begriffe, die mehr als nur eine fachliche Bedeutung haben, in der Regel als schwierig eingeschätzt werden, ist es wichtig, den Schülern in diesem Bereich eine besondere Hilfe anzubieten (siehe auch Rincke, 2010). Im Bereich der Chemie sind hier schon zu Beginn des Chemieunterrichts einige dieser Begriffe anzuführen. „Stoffe“, im alltäglichen Kontext verstanden, sind Textilien wie beispielsweise Wolle oder Seide, im Unterrichtsfach jedoch ist ein chemischer Stoff gemeint; „Reaktion“ kann etwas mit Chemie oder mit den Reflexen eines Sportlers zu tun haben. Diese Reihe ließe sich fortsetzen. Direkte Gegenüberstellungen der Begriffsbedeutungen können helfen, die Begriffe in unterschiedlichen Situationen kontextgerecht anzuwenden: „Im Alltag ist mit „Stoff“... gemeint, im Chemieunterricht dagegen verstehen wir darunter...“.

Noch schwieriger wird es, wenn ein Nomen nur durch das zugehörige Verb seine Bedeutung ändert. „Eine Lösung finden“ bedeutet etwas völlig anderes als „eine Lösung herstellen“, obwohl beides im Chemieunterricht gefordert werden kann. Nur wenn den Schülern der Zusammenhang zwischen dem Nomen mit mehreren Bedeutungen und den zugehörigen Verben verständlich ist (sie also gelernt haben, auf kollokative Verbindungen zu achten), sind sie in der Lage fehlerfrei zu entscheiden, welche Bedeutung nun gefragt ist.

Concept Cartoons

Cartoons lassen sich als Gesprächsanlass zum Wiederholen von Inhalten einsetzen. Die vom Lehrer erstellten *Concept Cartoons* stellen einen Impuls zum Wiederholen von Inhalten dar (Strenzel & Eilks, 2005). In den Sprechblasen werden versteckte Hinweise oder Widersprüche gegeben, die die Diskussion über die Inhalte erleichtern. Hierbei stehen der sprachliche Aspekt der Kommunikation und das Sprechen über Fachinhalte im Vordergrund. Gezielt erstellte Cartoons können einen Anlass bieten, um über Begriffe und ihre Bedeutungen zu diskutieren. Dabei sollten mehrere Bedeutungen eines Begriffs in den Äußerungen angesprochen werden, sodass eine Kommunikation angeregt und in deren Folge die Bedeutung des Begriffs ausgeschärft wird.

Enthalten Cartoons zum Beispiel Aussagen, die durch sprachliche Ungenauigkeit fachlich falsch sind, können die Schüler an den Aussagen überlegen, wie diese zutreffender formuliert werden können, damit die fachlichen Aspekte richtig wiedergegeben werden. Es müssen also einerseits Formulierungen korrigiert, andererseits aber auch fachlich treffendere Formulierungen gefunden werden. Es hat sich in unseren Untersuchungen gezeigt, dass besonders das Diskutieren über fehlerhafte und missverständliche Formulierungen die Schüler dazu bringt, genau über ihre Sprache nachzudenken und somit auch die Verwendung und Einbindung von Fachbegriffen zu reflektieren. Vor allem Ungenauigkeiten bei Beobachtungen, die Sprache und Inhalt gleichermaßen betreffen, wurden schnell korrigiert und durch geeignetere Formulierungen ersetzt. Sowohl die Lehrer als auch die Schüler konnten sich schnell an den nun veränderten Stellenwert der Fachsprache gewöhnen.

Wortlisten, Beschriftungen und Satzbausteine

Versuchsprotokolle und besonders Skizzen bieten sich an, um deklaratives Wissen (vor allem bezüglich der Geräte und Chemikalien) und prozedurales Wissen (bezüglich der Durchführung, Beobachtung und Auswertung) fachsprachlich zusammenzuführen und dabei Fachbegriffe und deren Schreibweisen zu üben.

Sind die Schüler mit den Begriffen vertraut, können vollständige Sätze gebildet werden, indem eine Beschreibung des Versuchsaufbaus gefordert wird. Ist bekannt, dass die Schüler gravierende Probleme mit der deutschen Sprache (entweder als Erst- oder als Zweitsprache) haben, so sind zusätzliche Hilfen (erweiterte Wortliste mit Verben oder Präpositionen) sinnvoll, die die Beschreibung erleichtern. Hier können Bestimmungen von Orten oder

Beziehungen mit Hilfe von präpositionalen Ausdrücken zur Verfügung gestellt werden, wie „vor, hinter, neben, über“ bzw. „befestigt an, einsetzen in, verbinden mit“.

Satzbausteine (wie auch bei Leisen, 2010 beschrieben) geben den Schülern Anhaltspunkte zur richtigen Formulierung von Sätzen. Sie können beim Protokollieren oder beim Schreiben von Texten eingesetzt werden. Durch die Vorgabe von Mustern fällt es den Schülern leichter, vollständige Sätze zu bilden. Gerade sprachlich schwächere Schüler können sich so auch aktiv(er) am Unterrichtsgeschehen beteiligen.

Umschreiben von Texten

Im Bereich des Formulierens können gute Fortschritte erzielt werden, indem Schüler Texte umschreiben oder in Grafiken übersetzen. Dabei werden sie veranlasst, entweder die Symbolisierungsebene zu wechseln, also von Text A über eine Skizze zu Text B zu gehen, oder einen Wechsel der Sprachebene zu durchdenken. Das kann z.B. durch die Aufforderung induziert werden, einen Text aus dem Fachbuch für den kleinen Bruder verständlich umzuschreiben. Zum einen wird der Inhalt neu durchdacht, zum anderen werden die benötigten Fachbegriffe verwendet oder gegebenenfalls alltagssprachlich paraphrasiert.

Zusammenfassung

Sowohl die allgemeine Sprache als auch die fachbezogene spezifische Sprache sind integraler Bestandteil des Chemieunterrichts und der Fachkompetenz in Chemie. Sie geraten nicht allein durch einen zunehmenden Anteil von Kindern mit Migrationshintergrund und deren mögliche Sprachbarrieren in den fachdidaktischen Fokus. Ihre Berücksichtigung ist für das erfolgreiche Lernen aller Schüler von großer Bedeutung. Mit Hilfe der hier vorgestellten Verfahren und Instrumente lassen sich die sprachlichen und fachsprachlichen Kompetenzen von Schülern im regulären Unterricht auf recht einfache Weise betonen und fördern. Allgemeinsprachliche und fachsprachliche Kompetenzen greifen dabei ineinander und schaffen gemeinsam die Voraussetzung dafür, dass Fachbegriffe und Konzepte nicht nur schematisch gelernte Worthülsen bleiben, sondern Bedeutungsgehalte erschlossen werden und in den fachlichen Diskurs eingebracht werden können. Bei der Bewertung der fachsprachlichen Kompetenz stehen vor allem die Bedeutungen und das Einbinden von Fachbegriffen in die inhaltliche Aussage in gesprochener und schriftlicher Form im Mittelpunkt. Die hier vorgestellten Instrumente sprechen diese Punkte dabei auf drei unterschiedlichen Ebenen an und eröffnen zudem den Blick auf mögliche fachsprachliche Fördermaßnahmen, die ohne allzu großen Mehraufwand in den Unterricht eingebunden werden können.

Literatur

- Busch, H. & Ralle, B. (2011). Fachbegriffe und ihre Bedeutung. Diagnostik fachsprachlicher Kompetenz. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 22 (124/125), 52-55
- Leisen, J. (2010). *Handbuch Sprachförderung im Fach: Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis*. Bonn: Varus
- Rincke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 235-260
- Strenzel, R. & Eilks, I. (2005). Gesprächsanlässe schaffen mit Concept Cartoons. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie*, 54 (8), 44-47

Überzeugungen von Physiklehrkräften - Determinanten und Konsequenzen

Das Modell der Determinanten und Konsequenzen der professionellen Kompetenz (Baumert & Kunter, 2011) beschreibt die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften durch die aktive Nutzung von Lerngelegenheiten sowie die Wirkung der unterschiedlichen Kompetenzausprägungen der Lehrkräfte auf deren berufliches Verhalten und damit auf die Lehrer- und Schülerergebnisse. Die professionelle Kompetenz setzt sich aus den vier Bereichen „Professionswissen“, „Überzeugungen“, „motivationale Orientierung“ und „selbstregulative Fähigkeiten“ zusammen, wobei die ersten beiden Bereiche als „Qualifikation“ und die letzten beiden Bereiche als „Eignung“ für den Lehrerberuf interpretiert werden können. Verschiedene Kontexte und Rahmenbedingungen sowie persönliche Voraussetzungen der Lehrkraft beeinflussen sowohl die Entwicklung als auch die Wirkung der professionellen Kompetenz. Damit vereint das Modell Aspekte des Experten- und des Persönlichkeitsparadigmas der Lehrerbildungsforschung und erlaubt die Einordnung aktuell abgeschlossener und laufender physikdidaktischer Arbeiten (Abb.1).

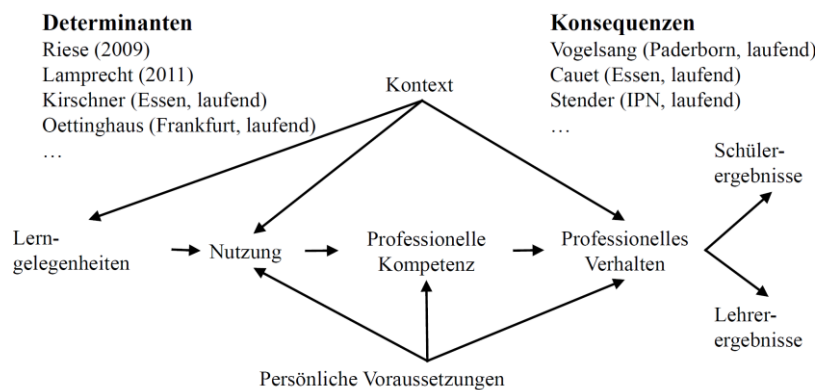


Abb. 1: Einordnung aktueller physikdidaktischer Studien in das Modell der Determinanten und Konsequenzen professioneller Kompetenz

Kompetenzbereich „Überzeugungen“

Im folgenden Modellausschnitt (Abb.2) steht exemplarisch der Kompetenzbereich der Lehrerüberzeugungen (teacher beliefs) im Mittelpunkt, d.h. Vorstellungen und Annahmen über unterrichtsbezogene Phänomene und Prozesse mit einer bewertenden Komponente. Vor allem jenen Überzeugungen, die sich auf unterrichtsnahe Inhalte, Unterrichtsmethoden oder den Umgang mit einzelnen Schülern beziehen, wird eine handlungsleitende Funktion und damit ein systematischer Zusammenhang mit der Unterrichtsqualität oder den Lernerfolgen der Schüler zugesprochen.

Im Bereich der Überzeugungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Mathematik unterscheiden sowohl die Studien von Staub und Stern (2002) als auch die COACTIV- (Voss et al., 2011) und die MT21-Studie (Blömeke et al., 2008) zwischen einer konstruktivistischen und einer transmissiven Orientierung.

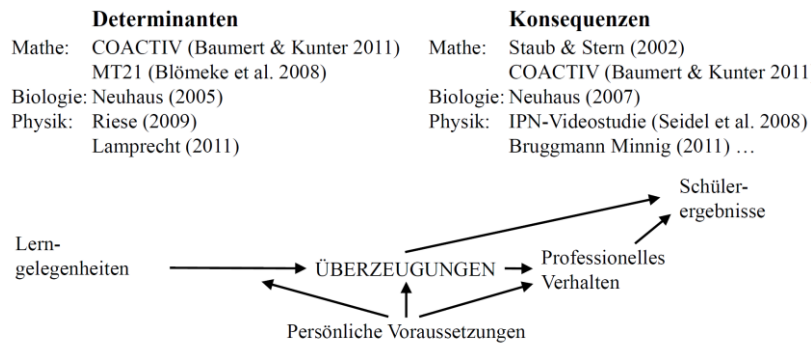


Abb. 2: Einordnung von Studien zum Kompetenzbereich der Überzeugungen in ein reduziertes Modell der Determinanten und Konsequenzen professioneller Kompetenz

Dabei konnte die COACTIV-Studie einen Zusammenhang der Überzeugungen mit dem Professionswissen nachweisen: Lehrkräfte mit hohem Fachwissen und fachdidaktischem Wissen teilen tendenziell den „constructivist view“, der „transmission view“ findet sich eher bei Lehrkräften mit geringerem Fachwissen. Zusätzlich konnte Dubberke et al. (2008) zeigen, dass bei Lehrkräften, deren Überzeugungen sich an transmissiven Lernkonzepten orientieren, der Unterricht weniger herausfordernde und zur aktiven Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand bietende Elemente beinhaltet und eher Fehler vermeidend gestaltet ist, was sich nachteilig auf den Lernerfolg der Schüler auswirkt. Staub und Stern (2002) konnten zeigen, dass Lehrkräfte mit einer kognitiv konstruktivistischen Orientierung mehr Aufgaben im Unterricht einsetzen, die ein konzeptuelles Verständnis erfordern und Schüler dieser Lehrkräfte bei Textaufgaben höhere Leistungen erzielen.

Im Rahmen der IPN-Videostudie wurden Überzeugungen von Lehrkräften und deren Auswirkungen auf unterrichtliches Handeln in Physik untersucht. Seidel et al. (2008) konnten sowohl Zusammenhänge zwischen konstruktivistischem Wissenschafts- und Lernverständnis als auch zwischen empiristischer Wissenschaftsorientierung und rezeptiver Lernüberzeugung bestätigen. Allerdings konnte kein systematischer Zusammenhang zwischen den Überzeugungen, den beobachteten Unterrichtsmustern und den Schülerergebnissen nachgewiesen werden (Seidel et al., 2008). Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Erkenntnissen von Staub und Stern und der COACTIV-Studie. Eine Sekundäranalyse der IPN-Studie (Bruggmann-Minnig, 2011) untersuchte die Konzeptionen zum Lehren und Lernen von Physik und zur inneren Differenzierung von Lehrkräften sowie deren Unterrichtspraxis. Hier zeigten sich divergierende Ergebnisse: Während die Lehrkräfte in den Fragebogendaten überwiegend einer konstruktivistischen Überzeugung zustimmen, überwiegen in den Videodaten ihres Unterrichts transmissive Überzeugungen.

Im Rahmen der Frankfurter Studie (Lamprecht, 2011) wurde ein Fragebogen auf der Basis des Lehrerfragebogens der IPN-Studie und des Kasseler Inventars (Neuhaus & Vogt, 2005) entwickelt und damit die fachdidaktische um eine Lehrerperspektive erweitert. Mit diesem Instrument wurden drei Überzeugungsmuster identifiziert: Das „Trainingsmuster“ und das „diskursive Muster“ sind in Bezug auf die Faktoren „selbstständiges“ und „rezeptartiges Lernen“ anschlussfähig an den „transmission view“ und „constructivist view“ der Mathematikstudien. Mit dem „Vermittlungsmuster“ konnte ein bisher lerntheoretisch nicht berücksichtigtes Überzeugungsmuster identifiziert werden, das sowohl selbstständige als auch rezeptartige Lernüberzeugungen vereinigt. In der Studie zeigten sich Unterschiede in der Verteilung der Überzeugungsmuster zwischen den Referendaren der verschiedenen Bundesländer und Lehramtszugänge. Um die Erkenntnisse der verschiedenen Studien vergleichbar zu machen, wurde ein „Basismodell der Überzeugungen“ mit vier Skalen entwickelt und zunächst in einer Pilotstudie (Oettinghaus et al., 2012) und infolge mit den Daten der Haupt-

studien getestet. Insbesondere die Skalen zum konstruktivistischen und rezeptartigen Lernen konnten im Raschmodell reliabel und mit guten Modellfits der Items konstruiert werden.

Frankfurter Videostudie - Ausblick

Die bisherigen Arbeiten der Frankfurter Arbeitsgruppe bewegen sich auf der Determinanten-Seite des Modells (Abb.1), indem Lehrerkompetenzen gemessen sowie Wirkzusammenhänge zwischen Lerngelegenheiten und Kompetenzen modelliert werden. Ein neues Kooperationsprojekt mit dem Institut für Psychologie in Frankfurt/M (AG Kunter) hat zum Ziel, in Bezug auf den Kompetenzbereich der Überzeugungen, den Zusammenhang zwischen der Zuordnung der Lehrkräfte zu einem Überzeugungsmuster und ihrem Unterrichtshandeln durch Videoanalysen zu untersuchen, um die widersprüchlichen Ergebnisse bezüglich dieses Zusammenhangs der Studien von Staub und Stern (2002) sowie der COACTIV-Studie für den Mathematikunterricht auf der einen Seite und der IPN-Videostudie auf der anderen Seite aufzuklären. Ursachen für diese Widersprüche könnten sowohl in den Fachspezifika der Überzeugungen als auch in den Unterschieden der Erhebungsmethodik zur Unterrichtsqualität und damit in den verschiedenen Perspektiven der Unterrichtswahrnehmung liegen. Des Weiteren verfolgt das Projekt eine forschungsmethodische Fragestellung, indem es untersucht, inwiefern komplexitätsreduzierte Unterrichtssequenzen aus Microteaching-Veranstaltungen in Bezug auf Sichtstruktur und vertiefte Analysen zunächst mit Hilfe der operationalisierten Unterrichtsmerkmale der IPN-Videostudie auswertbar sind. Mit dem Fokus der Frankfurter Arbeitsgruppe auf die Überzeugungen der Lehrkräfte und den Untersuchungen zum Professionswissen im Rahmen der Paderborner Studie und ProwiN ist es zukünftig möglich, die physikspezifischen Bereiche der professionellen Kompetenz angehender Lehrkräfte umfassend zu untersuchen.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COAKTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften - Ergebnisse des Forschungsprogramms COAKTIV*. Münster: Waxman Verlag GmbH, 29-53
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare*. Münster: Waxmann
- Bruggmann Minnig, M. (Hrsg.) (2010). *Innere Differenzierung im Physikunterricht. Eine multimethodische Analyse von Lehr-Lern-Überzeugungen und unterrichtlichem Handeln*. Dissertation. Basel: Philosophisch-Historische Fakultät der Universität Basel
- Dubberke, T., Kunter, M., McElvaby, N., Brunner, M. & Baumert, J. (2008). Lerntheoretische Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. Einflüsse auf die Unterrichtsgestaltung und den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22, 193 - 206
- Lamprecht, J. (2011). *Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik*. Dissertation an der Universität Frankfurt a.M., Fachbereich Physik. Berlin: Logos Verlag
- Neuhaus, B. & Vogt, H. (2005). Dimensionen zur Beschreibung verschiedener Biologielehrertypen auf Grundlage ihrer Einstellungen zum Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 73 - 84
- Oettinghaus L., Lamprecht J. & Korneck F. (2012). Überzeugungen zum Unterrichtsfach und zur Wissenschaft Physik - Ein Skalenvergleich; *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2012*
- Seidel, T., Schwindt, K., Rimmel, R. & Prenzel, M. (2008). Konstruktivistische Überzeugungen von Lehrpersonen: Was bedeuten sie für den Unterricht? In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 10, Sonderheft 8/2008, 259 - 276
- 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, 344-355
- Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M., & Hachfeld, A. (2011). Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften - Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann, 235-257.

Überzeugungen von Physiklehrkräften: Vorarbeiten für ein Regressionsmodell

Die Untersuchung der Entwicklung der professionellen Kompetenz von Physiklehrkräften (siehe Korneck et al., 2013, in diesem Band), insbesondere von Einflussfaktoren auf Überzeugungen, sind Schwerpunkt der laufenden Studie der Frankfurter Arbeitsgruppe (Oettinghaus et al., 2012). Das Inventar zur Messung von *Überzeugungen* (Lamprecht, 2011) verwendet eine Reihe von Skalen aus bestehenden Arbeiten und ist durch eine erweiterte Analyse (Oettinghaus et al., 2012) direkt anschlussfähig an die Arbeiten von Seidel (2008), Neuhaus (2004) und Riese (2009). Zudem vereint das umfangreiche Testinstrument Fragebogenteile verschiedener Autoren zu *Professionswissen* (Riese, 2009), *selbstregulativen Fähigkeiten* (Schaarschmidt & Fischer, 2008) und *motivationaler Orientierung* (adaptiert von Mayr, 1998), so dass die Ergebnisse direkt mit anderen Studien vergleichbar sind. Neben den vier Kompetenzbereichen wurden umfangreiche personenbezogene Informationen, Daten zu Lerngelegenheiten sowie persönlichen und externen Voraussetzungen erhoben. Der Datensatz der Frankfurter Studie beruht auf Erhebungen mit 370 Physikreferendaren aus den fünf Bundesländern Baden-Württemberg, Bremen, Hamburg, Hessen und Niedersachsen sowohl aus dem Haupt-, Real- und Gesamtschulbereich als auch dem gymnasialen Bereich.

Das Entwicklungsmodell der professionellen Kompetenz

Das Modell der Determinanten und Konsequenzen der professionellen Kompetenz von Lehrkräften (Kunter et al., 2011) beschreibt die Entwicklungsprozesse professioneller Kompetenz und deren Auswirkung auf Unterricht und das Lehrer- und Schülerverhalten (siehe Korneck et al., 2013, in diesem Band). Da erst in einer Folgestudie auch die Konsequenzen-Seite des Modells untersucht werden soll, kann das Modell für die Auswertung der erhobenen Daten auf die Determinaten-Seite reduziert werden (siehe Abb.).

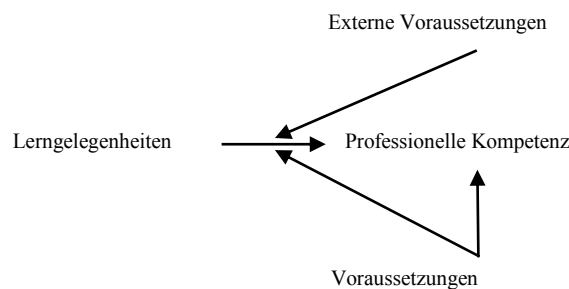


Abb. 1: Reduziertes und modifiziertes Entwicklungsmodell der professionellen Kompetenz

Um das Modell mit einer begrenzten Anzahl von Parametern umsetzen zu können, müssen die relevanten Lerngelegenheiten, die relevanten persönlichen und externen Voraussetzungen sowie die relevanten Kompetenzbereiche bezüglich der Überzeugungen identifiziert werden. Danach kann der Einfluss der persönlichen und externen Voraussetzungen auf die Wirkung der Lerngelegenheiten modelliert werden. „Relevant“ bedeutet, dass diese Faktoren einen statistisch messbaren Zusammenhang mit den Überzeugungen haben. Aus diesem Grund sind zunächst folgende Fragen zu klären:

- Welche *Lerngelegenheiten* haben einen Einfluss auf die Überzeugungen?
- Welche *persönlichen Voraussetzungen* haben einen Einfluss auf Überzeugungen?
- Welche *externen Voraussetzungen* haben einen Einfluss auf Überzeugungen?
- Welche *Kompetenzbereiche* hängen mit den Überzeugungen zusammen?

Die *Lerngelegenheiten* berücksichtigen die für angehende Lehrkräfte wesentlichen formellen und informellen Lernumgebungen. Die erhobenen Lerngelegenheiten lassen sich in vier Erfahrungsräume aufgliedern: Die beruflichen Vorerfahrungen, Erfahrungen mit Kindern, Vorerfahrungen im Unterrichten sowie in der Wissenschaft. Die *persönlichen Voraussetzungen* werden im Entwicklungsmodell (Kunter et al., 2011) explizit als kognitive Fähigkeiten, Motivation und Persönlichkeit formuliert. Da im Modell der professionellen Kompetenz die Motivation als eigener Kompetenzbereich verortet ist, werden in unserer Studie Neurotizismus, Extraversion, Offenheit, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit aus dem Neo-FFI (Brokenau & Ostendorf, 2008) sowie die kognitiven Fähigkeiten (Leistungsnoten aus Schule und Studium) als persönliche Voraussetzungen verwendet. Die *externen Voraussetzungen*, wie Schul- und Studienorte, werden häufig nur als Kontrollvariablen aufgefasst. Durch die repräsentative Untersuchung von fünf Bundesländern können hier jedoch auch bildungskulturelle Unterschiede untersucht werden. Von den vier *Kompetenzbereichen* der professionellen Kompetenz erfasst unser Modell aus dem Professionswissen nur das physikalische und das physikdidaktische Wissen. Die Überzeugungen werden durch Skalen des Wissenschafts- sowie des Lehr- und Lernverständnisses abgebildet. Aus den motivationalen Orientierungen und der Selbstregulation erfassen wir die extrinsischen und intrinsischen Berufswahlmotive sowie die berufsbegleitende Motivation, das Engagement und die Widerstandskraft. Das pädagogische Wissen und die Selbstwirksamkeitserwartungen bleiben zunächst unberücksichtigt, sollen aber in Folgestudien in die Analysen integriert werden.

Der aktuelle Erkenntnisstand der Forschung zu den Entwicklungsprozessen der verschiedenen Bereiche der professionellen Kompetenz zeigt, dass Einflüsse auf diese Prozesse existieren, die über einfache Zusammenhänge hinausgehen. Im Folgenden werden einige exemplarische Hinweise aus empirischen Studien, die für eine Hierarchisierung der Bereiche der professionellen Kompetenz genutzt werden können:

- Die Entwicklung des physikdidaktischen Wissens benötigt Fachwissen (Riese & Reinhold, 2012).
- Überzeugungen strukturieren den Erwerb des Professionswissens (Köller, Baumert, & Neubrand, 2000).
- Das Wissenschaftsverständnis ändert sich im Laufe des Studiums (Riese, 2009).
- Änderungen der Überzeugungen zum Lehr- und Lernverständnis im Studium konnten nicht nachgewiesen werden (Lamprecht, 2011; Riese, 2009).
- Motivation ist eine persönliche Voraussetzung sowie gleichzeitig einer der vier Bereiche der professionellen Kompetenz (Baumert & Kunter, 2006; Kunter, et al., 2011).
- Motivation und Selbstregulation sind schwer trennbare Kompetenzbereiche (Schaarschmidt & Fischer, 2008; Kunter, 2011).

Aus diesen Ergebnissen resultieren konkrete Modellmodifikationen, indem berücksichtigt wird, dass einige Kompetenzbereiche – äquivalent zu den persönlichen Voraussetzungen – auf die Entwicklung (in unserem Fall auf die Wirkung von Lerngelegenheiten) Einfluss nehmen können:

- Fachwissen (sowie eventuell pädagogisches Wissen) wirkt auf die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens.
- Überzeugungen wirken auf die Entwicklung des gesamten Professionswissens.
- Das Lehr- und Lernverständnis wirkt auf die Entwicklung des Wissenschaftsverständnisses.

– Neben den bereits in den persönlichen Voraussetzungen integrierten motivationalen Aspekten, können auch die weiteren Aspekte der motivationalen Orientierung und der Selbstregulation einen Einfluss auf die Entwicklung der Überzeugungen und des Professionswissens haben.

Regressionsmodell zur Entwicklung der professionellen Kompetenz

Die relevanten Lerngelegenheiten, die relevanten persönlichen und externen Voraussetzungen sowie die relevanten Kompetenzbereiche werden für jeden Unterbereich der Überzeugungen mit einem Regressionsmodell identifiziert bzw. überprüft. Mit den Resultaten dieses Regressionsmodells können nun auch die Interaktionsterme (relevante Lerngelegenheit*relevante Voraussetzung) gebildet werden. Zusätzlich werden, der Hierarchisierung entsprechend, die Interaktionsterme (relevante Lerngelegenheit*relevante Kompetenzbereiche) formuliert. Das Regressionsmodell aus den relevanten persönlichen Voraussetzungen und Kompetenzbereichen und den verschiedenen Interaktionstermen ist eine erste Möglichkeit, das reduzierte Modell der Entwicklungsprozesse der professionellen Kompetenz umzusetzen.

Mit der nun vorgeschlagenen hierarchischen Struktur innerhalb der professionellen Kompetenz und deren Entwicklungsprozessen ist es möglich, mittels Regressionsanalysen weitere Erkenntnisse zum Entwicklungsprozess der Überzeugungen zu gewinnen und diesem Vorgehen folgend ebenfalls den Entwicklungsprozess des Professionswissens zu untersuchen.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 4, 469-520
- Brokenau, P. & Ostendorf, F. (2008). NEO-FFI. NEO-Fünf-Faktoren-Inventar nach Costa und McCrae. Göttingen: Hogrefe
- Köller, O., Baumert, J. & Neubrand, J. (2000). Epistemologische Überzeugungen und Fachverständnis im Mathematik- und Physikunterricht. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), *TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und Naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Schullaufbahn. Bd. 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe*. Opladen: Leske und Budrich
- Kunter, M. (2011). Forschung zur Lehrermotivation. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*. Münster: Waxmann Verlag, 511-539
- 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 COAKTIV*. Münster: Waxmann Verlag GmbH, 55-68
- Lamprecht, J. (2011). *Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz*. Berlin: Logos Verlag
- Mayr, J. (1998). Fragebögen zur Erkundung des Lehrens und Lernens an der Pädagogischen Akademie. Eine Materialsammlung. Pädagogische Akademie der Diözese Linz
- Neuhaus, B. (2004). Einstellungsausprägungen von Biologielehrern. Ein bundesdeutscher Vergleich. Kassel: Universität Kassel, Fachbereich Naturwissenschaften, Institut für Biologie Abteilung Didaktik der Biologie
- Oettinghaus, L., Lamprecht, J. & Korneck, F. (2012). Überzeugungen zum Unterrichtsfach und zur Wissenschaft Physik - Ein Skalenvergleich. In V. Nordmeier & H. Grötzebach (Hrsg.), *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Mainz*,
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physik-lehrkräften*. Berlin: Logos Verlag
- Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. Empirische Hinweise für eine Verbesserung des Lehramtsstudiums. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15, 111-143
- Seidel, T., Schwindt, K., Rimmele, R. & Prenzel, M. (2008). Konstruktivistische Überzeugungen von Lehrpersonen: Was bedeuten sie für den Unterricht? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 9/2008*, 259-276

Entwicklung von Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften im Rahmen forschenden Lernens und historischer Fallstudien

Unterrichtskonzeptionen wie *angeleitetes forschendes Lernen* (AFL) und *historische Fallstudien mit Experimenten* (HFE) ermöglichen es SuS, typische Erkenntnisprozesse realer Forschung im Unterricht zu *simulieren* bzw. in historischen Kontexten *nachzuvollziehen* (Höttecke, 2008). Damit handelt es sich um geeignete Rahmen für explizites und reflexives Lernen über die Natur der Naturwissenschaften (NdN) (Abd-El-Khalick, 2012; Clough, 2006). Diese Studie dient dem differenzierten Vergleich beider Ansätze, um Aussagen über ihre jeweiligen Chancen und Risiken hinsichtlich einer gezielten Vorstellungsentwicklung im Bereich der NdN zu benennen.

Etappe 1: Wie unterscheiden sich elektrische und magnetische Anziehungsphänomene?

AFL: Die SuS stellen lehrergeleitet Unterschiede- Vermutungen auf, wählen untersuchbare aus, entwickeln experimentelle Tests & führen sie durch, dokumentieren & stellen ihre Ergebnisse dar und rechtfertigen die Verlässlichkeit ihrer Untersuchung.

HFE: Die SuS rekonstruieren das fiktive, teilweise zerstörte Labortagebuch William Gilberts (1544-1603). Sie entwickeln experimentelle Tests zur Untersuchung der dort geäußerten Vermutungen, führen sie durch, stellen ihre Ergebnisse dar und rechtfertigen die Verlässlichkeit ihrer Untersuchung.

Explizite Reflexion auf die Natur der Naturwissenschaften:

- *Reputation, Kritik und Ökonomie als Forschungsmotive; Forschungsfragen als Ausgangspunkt*
- *Hypothesengeleitete Forschungsstrategie; Hypothesen widerlegen o. bestätigen; Dokumentation von Forschung*
- *Verlässlichkeit von Forschung durch Nachvollziehbarkeit; Vorläufigkeit von Erkenntnissen*

Etappe 2: Wie lassen sich elektrische Anziehungs- und Abstoßungsphänomene verlässlich produzieren?

AFL: Die SuS skizzieren für die Forschungsfrage geeignete wiss. Instrumente und erarbeiten allgemeine Qualitätskriterien. Sie entwickeln Experimente, um elektrische Abstoßung verlässlich zu erzeugen. Die SuS stellen ihre Ergebnisse dar und schätzen die Qualität eines vorgegebenen Instruments und die Verlässlichkeit ihrer Untersuchung ein.

HFE: Die SuS skizzieren für Otto von Guericke Forschungsfrage geeignete wiss. Instrumente und erarbeiten allgemeine Qualitätskriterien. Sie entwickeln Experimente, um am Nachbau eines hist. Instruments elektrische Abstoßung verlässlich zu erzeugen. Die SuS stellen ihre Ergebnisse dar und schätzen auf Basis der Qualität des hist. Instruments die Verlässlichkeit von Guericke's Untersuchung ein.

Explizite Reflexion auf die Natur der Naturwissenschaften:

- *Kommunikation & Austausch in der Forschung; Zweck & Qualität naturwissenschaftlicher Instrumente*
- *Verlässlichkeit von Forschung über wiederholbare Ergebnisse & potentielle Replizierbarkeit*

Etappe 3: Wie lassen sich elektrische Anziehungs- und Abstoßungsvorgänge beschreiben und erklären?

AFL: Die SuS beobachten im Rahmen explorativen Experimentierens Regelmäßigkeiten elektrischer Anziehungs- & Abstoßungsvorgänge und entwickeln beschreibende Hypothesen zu deren Gesetzmäßigkeiten. Anschließend testen sie eine vorgegebene erklärende Hypothese zur dualen Natur von Elektrizität, stellen ihre Ergebnisse dar und rechtfertigen die Verlässlichkeit ihrer Untersuchung.

HFE: Die SuS erarbeiten Experimente, um die von Charles Dufay im Rahmen explorativen Experimentierens gewonnenen beschreibenden und erklärenden Hypothesen zur elektrischen Anziehung / Abstoßung zu testen, führen sie durch, stellen ihre Ergebnisse dar und rechtfertigen die Verlässlichkeit ihrer Untersuchung.

Explizite Reflexion auf die Natur der Naturwissenschaften:

- *Theorien & Gesetze als erklärende resp. beschreibende Forschungserkenntnisse*

Tab. 1: Ablauf der Treatments und Inhalte der expliziten Reflexion auf die NdN

Anlage der Untersuchung

Im Rahmen eines vergleichenden Pre-Post-Designs (Henke & Höttecke, 2012) werden die Vorstellungsentwicklungen von SuS zur NdN untersucht. Es wurde je ein Treatment gemäß den Konzeptionen AFL und HFE von 8×90 min Dauer von einem geschulten Lehrer im

regulären Physikunterricht je einer 8. Klasse (Gym.) unterrichtet. Beide Treatments wurden bezüglich der physikalischen Fachinhalte parallelisiert. Beim AFL führen die SuS dazu angeleitete Untersuchungen zu drei vorgegebenen Forschungsfragen durch. Bei HFE vollziehen die SuS drei Untersuchungen anhand der historischen Forschungsfragen und mittels zeitgenössischer Materialien und Instrumente nach. *Über die NdN* lernen die SuS in beiden Treatments *systematisch* in vergleichbaren explizit-reflexiven Unterrichtsphasen abschließend am Ende einer jeweiligen Unterrichts-Etappe (Tab. 1).

Datenerhebung & -analyse

Um den Einfluss der Treatments auf die Vorstellungsentwicklung zu untersuchen, wurden die *Schülervorstellungen zur NdN* und zu *Ähnlichkeiten & Unterschieden von Unterricht & Wissenschaft* erfragt. Dazu dienten schriftliche Antworten auf insgesamt 13 offene Fragen und eine Zeichenaufgabe mit je ca. 30-minütigen Anschlussinterviews vor und nach jedem Treatment (N = 2×19). Die Vorstellungen wurden teilweise deduktiv unter Kenntnis der Lerngelegenheiten zur NdN klassifiziert als auch induktiv rekonstruiert (Intercoder-Übereinstimmung $0,82 < \alpha < 0,89$, CI 95%; N = 4). Die Umsetzung der Treatments wurde kontrolliert, um Vorstellungsbereiche von der Analyse auszuschließen, zu denen keine angemessenen Lerngelegenheiten realisiert worden waren.

Befunde: Vorstellungen zu Unterricht und Wissenschaft

Zu den Unterschiedsdimensionen, welche die SuS für Wissenschaft und Unterricht heranziehen, gab es keine konkreten Vorerwartungen. Über die gesamte Datenbasis hinweg und primär induktiv konnten folgende Dimensionen rekonstruiert werden:

Personenbezogene Vergleiche	(W) Erkenntnismotiv	vs.	Leistungsmotiv (U)
	(W) Umfangreiches Vorwissen	vs.	Eingeschränktes Vorwissen (U)
	(W) Intrinsische Motivation	vs.	Extrinsische Motivation (U)
Sozial- Institutionale Vergleiche	(W) <i>Entscheidungsfreiheit</i>	vs.	<i>Aufgaben- & Fremdbestimmtheit</i> (U)
	(W) Auf-sich-gestellt-Sein	vs.	Unterstützung & Hilfestellung (U)
	(W) <i>Individuelles Forschen</i>	vs.	<i>gruppenbasiertes Arbeiten</i> (U)
Praktisch- Methodische Vergleiche	(W) <i>Ergebnisoffene Untersuchungen</i>	vs.	<i>bestätigender Nachvollzug</i> (U)
	(W) <i>Komplexe Experimente</i>	vs.	<i>materielle & kog. Vereinfachungen</i> (U)
	(W) Offener Zeitrahmen	vs.	klare zeitliche Begrenzungen (U)
	(W) <i>Produktion neuer Erkenntnisse</i>	vs.	<i>Rezeption alter Erkenntnisse</i> (U)
Wissensbezogene Vergleiche	(W) Direkte Verwertbarkeit	vs.	keine/indirekte Verwertbarkeit (U)
	(W) <i>Aufwändige Validierung nötig</i>	vs.	<i>Abgleich an externer Wissensautorität</i> (U)
	(W) Hohe inhaltliche Komplexität	vs.	ausgewählte & vereinfachte Inhalte (U)

Tab. 2: Ansichten zur Vergleichbarkeit von Wissenschaft (W) & Unterricht (U);
markante Entwicklungen sind kursiv gesetzt

Betrachtet man zusätzlich Häufigkeiten (hier nicht darstellbar) von identifizierten Vorstellungen im Pre-Post-Vergleich auf Personen-Ebene, sehen SuS nach dem AFP-Treatment unterrichtliches Experimentieren methodisch und epistemisch näher an Wissenschaft, während die HFE-Gruppe vor allem die Vorbestimmtheit der Resultate im Unterricht und ihre geringe Innovativität gegenüber realer Forschung herausstellt. Reale Forschung muss aufwändig validiert werden, während SuS ihre Resultate mit einer (historischen) Wissensautorität abgleichen können. Sie erleben sich eher fremdbestimmt als autonom. Diesen Befunden nach zu urteilen, stellen sich SuS Experimentieren im historischen Kontext als stark gelenkt vor. Als Prüfstein für „richtige“ experimentelle Handlungen und Resultate ziehen sie die historischen Untersuchungen im Sinne epistemischer Autoritäten heran. Wird das eigene Planen und Experimentieren dagegen wie im AFL-Treatment als offener empfunden, erleben sich SuS sich als eigenverantwortlich für valide Resultate ähnlich der Naturwissenschaftler.

Befunde: Vorstellungen zur NdN

Beide Treatments sind global betrachtet erfolgreich und zeigen signifikante und ähnlich starke Wirkungen auf die durch Lerngelegenheiten zu entwickelnden NdN-Vorstellungen: Ein Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test über die summierten Vorstellungsprävalenzen der SuS vor und nach den Interventionen zeigt hochsignifikante Änderungen für beide Treatments (genäherte Effektstärke $d = 0,88$). Aufschlussreicher ist eine Analyse auf Vorstellungsebene:

Bei Vorstellungen zu methodischen Aspekten von Forschung gibt es gegenläufige Effekte. Den SuS erscheinen nach AFL ausschließlich deduktiv-hypothesentestende Forschungsstrategien denkbar. SuS nach HFE erwähnen dagegen auch explorative Strategien. Sie verstehen diese jedoch eher als ergebnisoffenes Ausprobieren ohne Vermutungen zu bestätigen. Angemessene Sichtweisen zu den Zwecken von Experimenten („bestätigen oder widerlegen von Ideen“) nehmen nach dem AFL-Unterricht stark zu. Nach HFE häufen sich unangemessene Vorstellungen („bestätigen/beweisen von Ideen“) trotz gegenteiliger Lerngelegenheit.

Dies lässt vermuten, dass die eigenen Intentionen der SuS beim Experimentieren für die Vorstellungsentwicklung schwerer wiegen als konkurrierende Lerngelegenheiten zur NdN.

Bezüglich Vorstellungen zu epistemologischen Aspekten von Forschung nehmen auf den ersten Blick viele SuS beider Treatment-Gruppen die Lerngelegenheit zur Vorstellung „Naturwissenschaftliche Erkenntnisse sind vorläufig“ wahr. Auf den zweiten Blick zeigt sich, dass SuS nach dem AFL-Unterricht Vorläufigkeit/Widerlegung von Wissen eher als abstraktes, zukünftiges Phänomen sehen. Das AFL-Treatment ändert also nicht die Vorstellung der SuS, Widerlegungen spielten in der Wissenschaftsgeschichte keine Rolle – im Gegensatz zu den SuS, die den HFE-Unterricht erhalten hatten.

Wird das Thema Widerlegung historisch kontextualisiert, führt das anscheinend dazu, dass die Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse tatsächlich anerkannt und nicht nur als Möglichkeit in der Zukunft vorgestellt wird.

Bei Vorstellungen zu sozialen und institutionellen Aspekten zeigen beide Treatment-Gruppen starke Zuwächse in der Erwähnung kooperativer und kommunikativer Prozesse von Forschung. Die Dynamik von Forschungsprozessen sieht die AFL-Gruppe weiterhin als Anhäufung von Wissen oder kollektive Forschungsaktivität ohne innere Differenzierung – einzelne Forscher scheinen hier austauschbar. Die Vorstellungen der HFE-Gruppe hingegen entwickeln sich in Richtung eines stark differenzierten Forschungsbetriebs, in welchem einzelne Forscher und ihre Vorhaben im Vordergrund stehen.

Historische Fallstudien mit Experimenten wandeln damit auf einem schmalen Grat: Sie sind im Gegensatz zum Angeleiteten Forschenden Lernen geeignet, naturwissenschaftlicher Forschung ein Gesicht zu verleihen, laufen aber gleichzeitig Gefahr, die Rolle einzelner Individuen für den Forschungsbetrieb zu überhöhen oder diese als epistemische Autorität und uneinholbaren Vergleichsmaßstab für SuS aufzustellen, sodass sie einer angemessenen Vorstellungsentwicklung über das Experimentieren nicht dienlich sind.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of Science in Science Education: Toward a Coherent Framework for Synergistic Research and Development. In B.J. Fraser, K.G. Tobin & C.J. McRobbie (Hrsg.), *Second International Handbook of Science Education*, Vol. I. Dordrecht: Springer, 1041-1060
- Clough, M. (2006). Learners' Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction. *Science & Education*, 15 (5), 463-494
- Henke, A. & Höttecke, D. (2012). Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. Forschendes Lernen und historische Fallstudien im Vergleich. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. GDCP Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: LIT-Verlag, 592-594
- Höttecke, D. (2008). Was ist Naturwissenschaft? Physikunterricht über die Natur der Naturwissenschaften. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 19 (103), 4-11

Messung des Grades an Wissenschaftlichem Realismus: Validierungsstudie

Einleitung

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Überzeugungen und Einstellungen von angehenden Lehrkräften der Chemie und Physik bezüglich des philosophischen Konzeptes des wissenschaftlichen Realismus zu erheben. Bei der Erstellung eines Fragebogens zu epistemologischen Ansichten gilt es unterschiedliche Aspekte zu beachten.

In der Literatur ist die – allerdings nur wenig empirisch gesicherte – Annahme zu finden, dass wissenschaftstheoretische Einstellungen von Personen wesentlich durch das von ihnen studierte Fach beeinflusst sind (vgl. Bensaude-Vincent, 2009; Scerri, 2000; Thoermer & Sodian, 2002).

Auf der anderen Seite gibt es Hinweise auf die Wirkung der epistemologischen Einstellung auf den Umgang mit Modellen im Unterricht durch Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer (vgl. van Driel & Verloop, 1999). Gerade der Bereich der Modelle und Modellierung stellt im Unterricht eine Verknüpfungsstelle zwischen Fachinhalten und wissenschaftstheoretischen Fragen dar (vgl. Bindernagel & Eilks, 2008).

Im Vordergrund dieser Arbeit steht die Validierung eines Fragebogens zum „Grad des wissenschaftlichen Realismus“ (siehe Abb. 1). Die Definition des Begriffs „wissenschaftlichen Realismus“ folgt dabei der Ausarbeitung Chakravartys (2011).

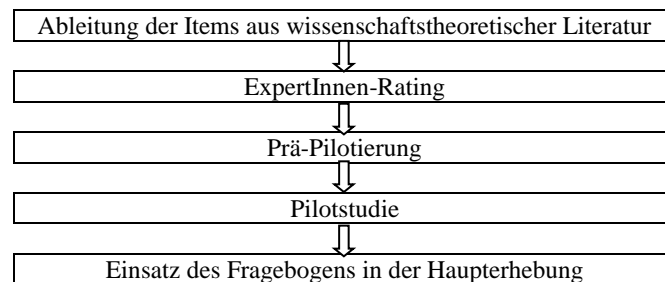


Abb. 1: Ablauf der Validierung des Fragebogens zum „Grad des wissenschaftlichen Realismus“.

Schritt 1: Ableitung der Items aus wissenschaftstheoretischer Literatur

Im ersten Schritt wurden aus der wissenschaftstheoretischen Literatur Aussagen gesammelt, die im Zusammenhang mit dem Konzept des wissenschaftlichen Realismus stehen. Die Aussagen mussten zum Teil übersetzt werden und wurden in eine verständliche Alltagssprache ohne philosophisches Fachvokabular übertragen. Insgesamt wurden 22 Items generiert.

Schritt 2: ExpertInnen-Rating

Die Zugehörigkeit der Aussagen zum philosophischen Konstrukt des wissenschaftlichen Realismus wurde durch ein ExpertInnen-Rating abgesichert. Insgesamt wurden dafür 20 WissenschaftstheoretikerInnen und WissenschaftshistorikerInnen angeschrieben, von denen $n = 7$ den Fragebogen beantworteten. Ziel des Ratings war es, eine Wertung zu erhalten, in welchem Maße sich realistisches oder antirealistisches Denken auf die Einstellung gegenüber den Aussagen auswirkt. Dazu wählten die ExpertInnen zwischen den Kategorien

(1) „Die epistemologische Einstellung gegenüber dem wissenschaftlichen Realismus hat keinen Einfluss auf die Positionierung gegenüber dieser Aussage“ bis (4) „Die epistemologische Einstellung gegenüber dem wissenschaftlichen Realismus hat unmittelbaren Einfluss auf die Positionierung gegenüber dieser Aussage“. Items, die mehrheitlich mit den beiden unteren Kategorien bewertet wurden, fielen im Folgenden aus der Skala. Weiterhin wurde von den ExpertInnen die messtheoretische Polarität der Items (realistisch/antirealistisch) beurteilt.

Nach dem Rating stellten sich 18 der 22 Items als zum Konzept des wissenschaftlichen Realismus zugehörig heraus.

Schritt 3: Prä-Pilotierung

In der Prä-Pilotierung wurden alle 18 Items des ExpertInnen-Ratings in einem Fragebogen eingesetzt. Das Sample bildeten $n = 29$ Lehramtsstudierende der Fächer Chemie und Physik am Ende ihres Studiums.

In diesem Schritt sollte 1) die interne Konsistenz der Skala „Grad des wissenschaftlichen Realismus“ bestimmt und 2) die Verständlichkeit der Items überprüft werden.

Die Analyse der Kennwerte offenbarte eine hohe interne Konsistenz der Skala (siehe Tab. 1). Die Trennschärfen der Items erreichten für einen Fragebogen im epistemologischen Bereich ausreichende Werte von etwa .20 (vgl. van Driel & Verloop, 2002). Die Scores der TeilnehmerInnen zeigten keine Boden- oder Deckeneffekte.

Zur Absicherung der Verständlichkeit der Items wurden die TeilnehmerInnen angewiesen, diejenigen Items nicht zu beantworten, die fachlich oder sprachlich nicht zu verstehen waren. Die Anzahl der Auslassungen war mit 0,8 % sehr gering.

Zur Sicherung der Retest-Reliabilität wurde der Fragebogen 3 Monate nach der ersten Erhebung an etwa die Hälfte der TeilnehmerInnen ($n = 14$) erneut ausgegeben. Die Test-Retest-Korrelation ergab sich zu $r = .85$.

Schritt 4: Pilotstudie

Die Pilotstudie diente der Prüfung sämtlicher Instrumente, einem Fragebogen zum Interesse in Wissenschaftstheorie, einem Test in Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie sowie Fragebögen zum Umgang mit wissenschaftlichen Modellen im Unterricht.

Der Fragebogen zum „Grad des wissenschaftlichen Realismus“ wurde in der Pilotstudie ebenfalls einer weiteren Validierung unterzogen. In der Auswertung nach klassischer Testtheorie konnte der hohe Wert der internen Konsistenz der Skala bestätigt werden (siehe Tab. 1). Boden- oder Deckeneffekte blieben wie schon in der Prä-Pilotierung ebenfalls aus.

Die Analyse der Daten mit dem Partial Credit Model zeigte zufriedenstellende Item-Infit- und Outfit-Werte (vgl. Linacre, 1994).

Haupterhebung - Ausblick

Der Fragebogen zum „Grad des wissenschaftlichen Realismus“ wurde nach der Validierung zusammen mit den oben genannten Instrumenten in einer Haupterhebung mit $n = 177$ ReferendarInnen der Fächer Physik und Chemie eingesetzt.

Bei der Analyse konnte wiederum die hohe interne Konsistenz bestätigt sowie eine hinreichende Trennschärfe der Items gefunden werden (siehe Tab. 1).

Die Auswertung mit dem Partial Credit Model deckte sich im Wesentlichen mit der Justierung der Items in der Pilotstudie. Insgesamt lieferte die Fit-Statistik gute Werte, lediglich zwei Items wiesen leicht erhöhte INFIT-Werte auf, die aber bezüglich der Gesamtskala zu keiner signifikant verzerrenden Wirkungen führten.

	<i>n</i>	<i>α</i>	95% CI	<i>r</i>	95% CI
Prä-Pilotierung	29	.75	[.59, .86]	.14	[.07, .26]
Pilotstudie	41	.83	[.74, .90]	.21	[.14, .33]
Hauptstudie	177	.84	[.80, .87]	.23	[.18, .27]

Tab. 1: Vergleich der internen Konsistenz Cronbachs α und der Inter-Item-Korrelation r der drei Erhebungen des „Grades an wissenschaftlichem Realismus“ mit 18 Items.

Zusammenfassung

Der aus wissenschaftstheoretischen Aussagen abgeleitete Fragebogen zum philosophischen Konzept des wissenschaftlichen Realismus kann für angehende Lehrkräfte der Naturwissenschaften Chemie und Physik verwendet werden. In mehreren aufeinander folgenden Schritten ist die Inhaltsvalidität über die Ableitung der Items aus wissenschaftstheoretischer Literatur und einem anschließenden ExpertInnen-Rating gesichert worden. In einer diskriminanten Validierung wurde gezeigt, dass die Einstellung zum wissenschaftlichen Realismus und das Inhaltswissen in Wissenschaftstheorie weitgehend voneinander unabhängig sind. Als Reliabilitätsmaße wurde 1) die hohe interne Konsistenz wiederholt bestätigt und 2) die Stabilität der Items durch eine hohe Test-Rest-Korrelation abgesichert.

Die Objektivität konnte durch den Einsatz eines Rating-Formats ohne weitere Kodierung und einer Erfassung der Verständlichkeit der Items gezeigt werden. Einen Überblick über die Instrumentengüte bietet Tab. 2.

<u>Objektivität</u>		<u>Reliabilität</u>		<u>Validität</u>	
Durchführung	Auswertung	Test-Retest	Interne Konsistenz	Inhalt	Diskriminanz
Rating-Format, 0.8 % ausgelassene Antworten	keine Kodierung	$r = .85$ $n = 14$	siehe Tab. 1	Expert-Innen-Rating $n = 7$	$r = .16$ zu „Inhaltswissen Wissenschaftstheorie“

Tab. 2: Überblick über die Instrumentengüte des Fragebogens.

Mit dem entwickelten Instrument steht nun eine neue Möglichkeit bereit, philosophische Einstellungen und ihre Wirkungen auf das Lernen und Lehren der Naturwissenschaften zu untersuchen. In dieser Studie liegt der Fokus dabei vor allem auf dem Umgang mit Modellen und Modellierungen im Unterricht.

Literatur

- Bensaude-Vincent, B. (2009). The chemists' style of thinking. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 32, 365-378. doi: 10.1002/bewi.200901385
- Bindernagel, J. A. & Eilks, I. (2008). Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht und ein Einblick in das Verständnis von erfahrenen Chemielehrkräften. *CHEMKON*, 15, 181-186. doi: 10.1002/ckon.200810081
- Chakravarty, A. (2011). Scientific realism. In E. N. Zalta (Hrsg.), *The Stanford encyclopedia of philosophy* (Summer 2011 edition). Zugriff auf <http://plato.stanford.edu/archives/sum2011/entries/scientific-realism>
- Driel, J. H. van & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24, 1255-1272. doi: 10.1080/09500690210126711
- Linacre, J. M. (1994). Sample size and item calibration stability. *Rasch Measurement Transactions*, 7, 328. Zugriff auf <http://www.rasch.org/rmt/rmt74m.htm>
- Thoermer, C. & Sodian, B. (2002). Science undergraduates' and graduates' epistemologies of science: the notion of interpretive frameworks. *New Ideas in Psychology*, 20, 263-283. doi: 10.1016/S0732-118X(02)00009-0

Lydia Schulze Heuling¹
 Matthias Nückles²
 Silke MikelskisSeifert¹

¹PH Freiburg
²Uni Freiburg

Wissenschaftsverständnis und Lehr- und Lernmethoden. Eine explorative Studie anhand der Physik

Einleitung

Das Wissenschaftsverständnis ist ein wesentlicher Aspekt der *Nature of Science* (Sodian, Thoermer, Kircher, Grygier & Günther, 2002). Bemerkenswerterweise jedoch weiß die Forschungsliteratur, ungeachtet mangelnder terminologischer Klarheit, über inadäquate Auffassungen dieser Begriffe zu berichten. Dabei wird mit einem impliziten Adäquatheitsbegriff operiert, der unklar lässt, auf welches Referenzsystem sich die jeweilige Form von Adäquatheit überhaupt bezieht (David, Petish & Smithey, 2006; Ginns & Watters, 1995, S. 219; Stofflett & Stoddart, 1994, S. 39). Um das Wissenschaftsverständnis von Physiklehrkräften zu erfassen, ist es nicht notwendig, bewertend vorzugehen. Im Gegenteil, statt Adäquatheit vorauszusetzen, gilt es vielmehr zu verstehen, wie sich der Gegenstand bei den Probandinnen und Probanden im Einzelnen konstituiert. Erst dadurch können die impliziten Referenzebenen erhoben und Aufschlüsse über die Konstitution von Adäquatheit gewonnen werden. In diesem Zusammenhang wird vorausgesetzt, dass es sich beim Wissenschaftsverständnis von Lehrkräften um ein sinnstiftendes Konstrukt vor dem Hintergrund von Forschung oder Unterricht handelt.

Konsequenterweise ist die Zielsetzung der hier vorgestellten, abgeschlossenen, explorativen Vorstudie, das Wissenschaftsverständnis (als erste Dimension) sowie die Lehr- und Lernmethoden von Physiklehrkräften (als zweite Dimension) empirisch und deskriptiv zu erfassen. Anhand der Vorstudie wird derzeit ein Testinstrument entwickelt, das in der Fragebogenhauptstudie die Interdependenzen zwischen Wissenschaftsverständnis und praktizierten Lehr- und Lernmethoden quantitativ erfasst und statistischen Analysen zugänglich macht. Untersucht wurden 19 Leitfadeninterviews, die im Zusammenhang einer thematisch verwandten Videostudie aufgenommen und durch Herrn Reinders Duit vom IPN Kiel dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt wurden (Tesch & Duit, 2004; Seidel, Prenzel, Duit & Lehrke, 2004). Folgendermaßen wurde vorgegangen:

Die Interviewstudie

Um nachzuvollziehen, wie sich im jeweils einzelnen Fall das Wissenschaftsverständnis konstituiert, ist es wichtig zu verstehen, auf welchen gedanklichen Ebenen im Rahmen wissenschaftstheoretischer grundlegender Modelle die Äußerungen angesiedelt sind.¹ Steigen wir zu dem Zeitpunkt in den Analyseprozess ein, da alle Interviews durchgeführt und transkribiert sind. Der Erste Schritt besteht in der grundlegenden Erkundung des Materials in seiner Gesamtheit. Durch die Arbeit mit Interviewmaterial, welches im Zusammenhang mit einer Videostudie erhoben wurde, folgt als zweiter Schritt die Reduktion der Interviews auf inhaltlich relevante Passagen (Simon & Simon, 1978). In der darauf folgenden Segmentierung werden die zu kodierenden Interviewsegmente festgelegt. Wichtig ist, dass die einzelnen Segmente eine gewisse Größe (*grain size*) nicht unterschreiten, also die Korrespondenz mit der leitenden Forschungsfrage erkennbar ist, dabei jedoch differenziert die explizite oder implizite Bedeutungen herausgearbeitet werden (Chi, 1997). Je latenter oder impliziter die Informationen zur Fragestellung sind, desto sensibler muss der Prozess

¹ Zu wissenschaftstheoretischen Grundverständnissen siehe bspw. Dijksterhuis, 1983.

der Segmentierung vorgenommen werden. Prototypische Segmente fungieren in der späteren intersubjektiven Kontrolle durch Interdecoder als Ankerbeispiele. Die Arbeit mit den Segmenten besteht in der Konfrontation mit dem Material auf und zwischen den Ebenen von lokalem Beschreiben und umfassenderen Strukturen. Im Laufe der Analyse werden die Segmente gruppiert und dabei die Gliederung mehrmals umgestellt. Nach und nach nehmen die Subdimensionen schärfere Konturen an, so dass sich am Ende die verschiedenen Zwischenebenen zu einem kohärenten Gesamtbild, einem jeweils charakteristischen Wissenschaftsverständnis zusammenfügen. Im konkreten Fall besteht die Kontrolle in der Zuordnung von Ankerbeispielen durch drei Interdecoder. Das Ergebnis ist mit einem Fleiss Kappa von $.85 \pm .07$ (entsprechen 95%) ein „almost perfect agreement“ (Landis, 1977).

Die Wissenschaftsverständnisse und Lehr und Lernmethoden Physiklehrender

Wir möchten an einem Beispiel das Vorgehen nicht nur konkretisieren, sondern direkt eines der vier empirisch gefundenen Wissenschaftsverständnisse vorstellen. Bei diesem Typus, dem *Experiment geleiteten Wissenschaftsverständnis*, werden unterschiedliche Aspekte der physikalischen Forschung auf das Experiment bzw. auf das Experimentieren zurückgeführt:

„Der, der unmittelbare Umgang mit der, mit der Sache, mit der Natur, dem Experiment, mit dem Phänomen, das ist mir schon wichtig, das man sagt, der Versuch, der über eine Beobachtung- dass die Schüler die Möglichkeit haben, also direkt so wirklich von ihren eigenen Beobachtungen äh den Beginn von physikalischer Arbeit zu sehen.“

Auf einer ersten referentiellen Ebene steht die „physikalische Arbeit“ als „Umgang“ mit einem Gegenstand oder Sachverhalt. Diese Gegenstände oder Sachverhalte verdichten sich in der stufenweisen Abfolge „Sache“, „Natur“, „Experiment“ und „Phänomen“. Auf einer anderen Ebene geht es um einzelne Etappen eines Prozesses, der bei der „Beobachtung“ ansetzt. Leider enthält das Interview keine weiteren Informationen zu dem Weg, der „über eine Beobachtung“ führt. Wir erfahren jedoch, dass es sich bei der Beschreibung wissenschaftlicher Sachbezüge und Prozesse um Vermittlungsziele des Unterrichts (für „die Schüler“) handelt. Bezüge zu physikalischen Modellen oder Diskursen fehlen. Im Gegensatz dazu steht das *Diskurs geleitete Wissenschaftsverständnis*. Es beinhaltet in den meisten Fällen eine Handlungsebene, eine Argumentationsebene und eine Referenzebene:

„Ich habe hier als allererste Regel oder als eine der ersten Regeln habe ich gleich gesagt: „Es gibt nichts Falsches hier.“ Das hat sich auch in der Fachgeschichte gezeigt, dass das was ... am Anfang alle dachten, dass es falsch ist, richtig war. Erde als Scheibe oder so.“

Auch dieses Beispiel stellt einen Bezug zur Lehrsituation her. Das Ankerbeispiel beginnt mit der Vorstellung der Unterrichtsmaxime „Es gibt nichts Falsches hier.“ Auf dieser Handlungsebene soll sich die gewünschte Unterrichtsatmosphäre entwickeln. Auf der Argumentationsebene wird als stützende Referenz ein historisches Beispiel angeführt: „Erde als Scheibe oder so.“² An dieser Stelle drängt sich die Frage nach der Unterrichtsgestaltung förmlich auf: Korrespondiert das Anliegen des „Es gibt nichts Falsches hier“ mit der Unterrichtsgestaltung?

Durch analoges Vorgehen wurden als dritte Subdimension das *Modell geleitete* sowie vierte Subdimension das *Autorität geleitete Wissenschaftsverständnis* identifiziert. Da die Hauptstudie Fragen an die Zusammenhänge zwischen Wissenschaftsverständnis und Lehr-

² Eine andere Diskursreferenz zielt auf politische Sachverhalte, beispielsweise die Notwendigkeit „mitreden zu können“ oder „die Wasserstoffbombe“. Das diskursgeleitete Wissenschaftsverständnis rekurriert demzufolge sowohl auf wissenschaftsinhärenten Austausch als auch der Verständigung mit anderen Sektoren.

bzw. Lernmethoden stellt, zielt die Interviewanalyse auch auf die Identifizierung von Subdimensionen, die spezifische Lehr- und Lernmethoden gemäß der Methodentaxonomie Peter Baumgartners (2011) abbilden. Zwei der insgesamt vier Subdimensionen beziehen sich auf die verwendeten Lehrmethoden, für die ein *schülerzentrierter* bzw. *lehrerzentrierter* Unterricht charakteristisch ist. Diese Unterrichtsmerkmale sind bspw. auf den Ebenen der Handlungswerkzeuge oder Sozialformen zu finden. Im Gegensatz dazu erfassen die Subdimensionen der Lernmethoden solche unterrichtsgestaltenden Merkmale, die die Lehrerperspektive auf das Lernen der Schülerinnen und Schülern beinhaltet. So verlangt bspw. die Exposition des zu lernenden Inhalts entweder ein eher passives, aufnehmendes oder ein eher aktives, gestaltendes Lernverhalten. Die Lernmethoden werden durch die Subdimensionen *transmissionsorientierter* bzw. *konstruktionsorientierter* Unterricht erfasst. Es ist das Desiderat der Hauptstudie, quantitative Verhältnisse und inhaltliche Strukturen innerhalb und zwischen den Dimensionen abzubilden, um so einen tieferen Einblick in die unterrichtsprägenden Lehrerkognitionen und die Konstruktion von Adäquatheit bei Physiklehrkräften zu gewinnen.

Zusammenfassung

Anliegen der Vorstudie war, Subdimensionen zum Wissenschaftsverständnis bzw. zu Lehr- und Lernmethoden von Physiklehrkräften zu identifizieren. Anhand des explorativ deskriptiven Vorgehens wurden vier charakteristische Wissenschaftsverständnisse identifiziert und beschrieben: *experimentgeleitetes*, *modelgeleitetes*, *autoritätgeleitetes* und *diskursgeleitetes Wissenschaftsverständnis*. Die Lehrmethoden werden durch die Subdimensionen *schüler- und lehrerzentrierte Techniken*, die Lernmethoden durch die Subdimensionen *transmissions- bzw. konstruktionsorientierte Techniken* erfasst.

Literatur

- Baumgartner, P. (2011). Taxonomie von Unterrichtsmethoden. Münster: Waxmann
- Chi, M.T.H. (1997). Quantifying qualitative Analyses of Verbal Data: A Practical Guide. *The Journal of the learning sciences*, 6 (3), 271-315
- Davis, E.A., Petish, D. & Smitzey, J. (2006). Challenges new science teachers face. *Review of Educational Research*, 76 (4), 607-651
- Dijksterhuis, E.J. (1983). *Die Mechanisierung des Weltbildes*. Berlin: Springer
- Ginns, I.S. & Watters, J.J. (1995). An analysis of scientific understandings of preservice elementary teacher education students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (2), 205-222
- Landis J.R. & Koch G.G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R. & Lehrke, M. (2003). Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr- Lern-Prozesse im Physikunterricht“. Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften
- Simon, D.P. & Simon, H.A. (1978). Individual differences in solving physics problems. In R. Siegler (Hrsg.), *Children's thinking: What develops?* Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 325-348
- Sodian, B., Thoermer, C., Kircher, E., Grygier, P. & Günther, J. (2002). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. In M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.). *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. Weinheim: Beltz, Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 45
- Stofflet, R.T. & Stoddard, T. (1994). The ability to understand and use conceptual change pedagogy as a function of prior content learning experience. *Journal of Research in Science Teaching* 31 (1), 31-51
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht. Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51-69

Technikunterricht – auch in den Naturwissenschaften
Das Beispiel „exreTu“ – eine Auseinandersetzung mit dem Thema Technik vor
dem Hintergrund des „Inquiry Based Learning“

Am Beispiel des Projekts „exreTu - expliziter, reflektiver Technikunterricht (SNF-Projekt, Laufzeit 2010 - 2012)“ wird ein Unterrichtsansatz für die Sekundarstufe I vorgestellt, der auf förderliche Bedingungen und Zugänge für das Thema Technik fokussiert, Technikinteresse untersucht und den Erwerb von Technikkompetenz (auch im naturwissenschaftlichen Unterricht) beleuchtet. Der Einführungsbeitrag situiert die Themenblockbeiträge und zeigt den Bezug von Technikunterricht zum naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere zum Ansatz des forschenden Lernens auf.

Die Auseinandersetzung mit Technik: ein Thema auch für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Es ist unumstritten, dass Technik ein Teil unserer Umwelt und Kultur ist. Unsere technische Welt ist dadurch charakterisiert, dass in den meisten Fällen technische Herausforderungen des Alltags nicht mehr vom Einzelnen problemlösend angegangen werden, sondern Probleme von Spezialisten gelöst werden. Technische Hilfsmittel dominieren zwar unseren Alltag, aber die Auseinandersetzung mit Technik wird in unserer modernen westlichen Gesellschaft sozusagen ausgelagert und an Spezialisten übertragen. Dies hat zur Folge, dass auch in den allgemeinbildenden Schulen eine Kluft zwischen naturwissenschaftlichem und technischem Wissen herrscht. Nimmt man jedoch den Kompetenzbereich „Bewertung“ ernst, wird ersichtlich, dass Technikunterricht Teil der Allgemeinbildung sein muss. Jugendliche sollen auf das Leben in der heutigen und künftigen Welt vorbereitet und befähigt werden, die Anforderungen dieser Welt zu bewältigen. Dazu gehört, dass sie sich in der technischen Welt orientieren können und dass sie die Voraussetzungen und Folgen von Technik beurteilen können, um Möglichkeiten zu erkennen, die (technische) Umwelt natur- und menschengerecht zu gestalten.

Welchen Beitrag können die naturwissenschaftlichen Fächer dazu leisten? Im Physik-, Chemie- oder Biologieunterricht sind die Bezüge zum Thema Technik vielfältig gegeben. Oft erfolgt dort aber die Auseinandersetzung lediglich auf der Verständnisebene; Technik wird als Anwendung der Naturwissenschaften behandelt. So werden z.B. im Physikunterricht im Zusammenhang mit der Umwandlung von Wärme in Arbeit, Motoren thematisiert; im Chemieunterricht wird beim Thema Stoffchemie und Trennverfahren auf Technologien der Trinkwassergewinnung oder des Recyclings hingewiesen oder in der Biologie etwa bei der Besprechung des Knochenbaus die Anordnung der Knochenbälkchen mit der Statik von Bauwerken verglichen.

Damit kann aber keine „Technological Literacy“ im Sinne eines allgemeinen Technikverständnisses erworben werden, geschweige denn technische Kompetenz. Die International Technology Education Association hat in ihrem Papier die Standards für eine technische Bildung zusammengetragen (ITEEA, 2007), diese beinhalten folgende Kernaussagen:

- Technological literacy is consisting of knowledge *and skills*
- Technological literacy involves knowledge and abilities and the *application of both knowledge and abilities to real-world situations*
- Technological literate citizens employ *systems-oriented thinking*

Scientific Literacy und Technological Literacy streben beide als Ziel Problemlösen und das Verstehen von Zusammenhängen an. Sie unterscheiden sich jedoch darin, dass bei der

Technological Literacy die Problemlösung finalorientiert ist sowie in einer konkreten Wertschöpfung, der Herstellung eines Produkts, mündet. Deshalb ist es notwendig, Technikverständnis im Unterricht nicht nur auf der Verständnisebene, sondern auch auf der Handlungs- und Produktionsebene zu vermitteln.

Gerade offenere, kontextorientierte Unterrichtsformen, wie zum Beispiel der Ansatz des Inquiry Based Learning als projektorientierte, auf einem sozio-konstruktivistischen Hintergrund basierte Unterrichtform (Eick & Reed, 2002) eignen sich hervorragend, um auch handlungsorientierte Ziele der technischen Bildung zu erreichen. Das Unterrichtsmodell des „expliziten, reflektiven Technikunterrichts“ (exreTu) folgt dem Ansatz des Inquiry Based Learning und wurde als pragmatische Lösung für die Sekundarstufe I entwickelt, die erlaubt, Technikverständnis und Technikkompetenz in den bisherigen Schul- und Fächerstrukturen sowie mit den geltenden Curricula zu vermitteln. Der Ansatz kann sowohl im naturwissenschaftlichen Fachunterricht als auch in verschiedenen Formen fächerübergreifenden Unterrichts bis hin zum integrierten, thematisch orientierten Unterricht durchgeführt werden.

Der Bezug von exreTu zum Inquiry Based Learning

Forschendes Lernen oder Inquiry Based Learning ist in den Naturwissenschaften kein grundlegend neuer Ansatz. Schon Kerschensteiner (1914) forderte offene Lernsituationen und warnte vor der „Mausefalleninduktion“ mit engschrittig vorgegebenen Anleitungen und Aufgabenschritten. Mit dem berühmten Beispiel des „Starenkastens“ (Dietrich, 1980) verknüpfte Kerschensteiner problemlösendes, forschendes Lernen mit einer Werkaufgabe des technischen Gestaltens im heutigen Sinn und erfüllte schon damals die Kriterien der Standards von technischer Bildung im Sinne des Fokus auf die Handlungs- und Produktionsebene.

In Bezug auf Technikunterricht haben Erfahrungen aus dem In- und Ausland (Projekt exreTu, Technikunterricht in Deutschland und den USA) gezeigt, dass das Thema Technik handelnd erschlossen werden muss. In vielen Fällen hat sich die Auseinandersetzung mit einem Produktionsprozess, z.B. dem Herstellen eines Artefakts oder der Auseinandersetzung mit einem Verfahren, als günstiger Zugang erwiesen, um vielfältige Technikkompetenzen erwerben zu können.

Auch der Unterrichtsansatz exreTu nimmt diesen handelnden Zugang auf und verknüpft ihn mit dem Problemlösezyklus einer klassischen Werkaufgabe (Birri et al., 2003). Der Zugang kann aus den Fächern der Naturwissenschaften oder aus dem Technischen Gestalten heraus erfolgen. In jedem Fall aber sind gegenseitige Bezüge notwendig und sinnvoll. Dabei steht technisches Handeln als Problemlöseprozess mit Bezug auf mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagen im Zentrum. Unabhängig vom entsprechenden Fachzugang werden Kompetenzen aller vier Kompetenzbereiche (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung) berücksichtigt. Folgende Teilkompetenzen stehen beim exreTu-Ansatz im Vordergrund (siehe auch „Sequenzen des expliziten, reflektiven Technikunterrichts“ (Abb. 1), in diesem Heft, S. 385):

- Technik erkunden und bewerten
- Technik beschreiben, erklären und kommunizieren
- Technik bewerten
- Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnisse entwickeln
- Lösungsansätze entwickeln und Handlungspläne entwickeln
- Herstellen eines Produkt oder Durchführung eines Verfahrens
- Optimierungen suchen und vornehmen

Eine besondere Bedeutung erhält der Fokus auf Technikunterricht in der Schweiz vor dem Hintergrund der Arbeiten von HarmoS und den Folgearbeiten zur Entwicklung eines

gemeinsamen Lehrplans für die Volksschule aller Deutschschweizer Kantone, dem Projekt Lehrplan 21. In der Inhaltsdimension des HarmoS-Kompetenzmodells wird Technik und Gesellschaft als ein Bereich genannt und im Lehrplan 21 erscheint Technik gleich doppelt: Zum einen im Fachbereich ‚Natur-Mensch-Gesellschaft‘, wo es mit Naturwissenschaften zusammen explizit erwähnt wird, zum andern im Fachbereich Gestalten unter technischem Gestalten.

Das Forschungsprojekt expliziter, reflektiver Technikunterricht (ExreTu)

Effekte des ExreTu-Technikunterrichts konnten in einer Interventionsstudie im Rahmen eines SNF-Projekts im Raum Nordwestschweiz untersucht werden. Folgende Fragestellungen standen im Zentrum des Projekts:

Die drei nachfolgenden Beiträge thematisieren nun verschiedene Aspekte des expliziten, reflektiven Technikunterrichts.

- Der Beitrag *„Forschendes Lernen mit „exreTu“* stellt das Unterrichtsmodell und die Rahmenbedingungen der Intervention vor.
- Der Beitrag *„Technik und Technikunterricht: nützlich und/oder interessant?“* diskutiert ausgewählte Ergebnisse aus dem Vortest und zeigt, dass zwischen allgemeinem Technikinteresse und tätigkeits- bzw. inhaltsspezifischem Technikinteresse differenziert werden muss und bezüglich technikspezifischer Selbstwirksamkeitserwartungen signifikante Geschlechterunterschiede festzustellen sind.
- Der Beitrag *„Technikkompetenzen erwerben – aber wie?“* fokussiert den Erwerb von Technikkompetenz, der mit ausgewählten Kompetenzaufgaben untersucht wurde und weist auf interessante Geschlechts- und Schultypenunterschiede hin.

Literatur

- Birri, Ch., Oberli M. & Rieder, Ch. (2003). Lehrmittel Fachdidaktik Technisches Gestalten. Sissach: Schaub AG
- Dietrich, Th. (Hrsg.) (1980). Unterrichtsbeispiele von Herbart bis zur Gegenwart. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Eick, C.J. & Reed, C.J. (2002). What Makes an Inquiry Oriented Science Teacher? The Influence of Learning Histories on Student Teacher Role Identity and Practice. *Science Teacher Education*, 86, 401-416
- ITEEA (2007). Standards for Technological Literacy: content for the study of technology. In: I.T. a. E. E. Association (Hrsg.), 2007. Verfügbar unter <http://www.iteea.org/Publications/publications.htm> (Zugriff am 23. Juli 2012)
- Jong, T. de (2006). Computer simulations - Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532-533
- Kerschensteiner, G. (1914). *Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Neue Untersuchungen zu einer alten Frage.* Leipzig und Berlin: Teubner

Anni Heitzmann
Karin Güdel
Franz Theiler

Pädagogische Hochschule Nordwestschweiz

Forschendes Lernen mit „exreTu“: Expliziter, reflektiver Technikunterricht

In diesem Beitrag wird das Unterrichtsmodell „expliziter, reflektiver Technikunterricht (exreTu)“ und die Rahmenbedingungen des gleichnamigen Forschungsprojekts (SNF-Projekt, Laufzeit 2010 – 2012) vorgestellt.

Hintergrund und Forschungsfragen

Obwohl in der Folge der Diskussionen um eine technical bzw. technological literacy (ITEEA, 2007) auch im deutschen Sprachraum Standards für eine technische Bildung entwickelt wurden (Theuerkauf et al., 2009; Engstrom, 2006), ist die Verankerung und Umsetzung von Technikunterricht an Schweizer Schulen nicht ausreichend. Konkrete Auslöser für das Forschungsprojekt exreTu waren zum einen die unbestrittene Notwendigkeit einer technischen Allgemeinbildung, die das Interesse für Technik auch bei Frauen weckt, und zum andern positive Erfahrungen aus der Lehrerbildung mit ähnlichen Umsetzungsprojekten.

Ziel des Projektes ist es, die Tauglichkeit des exreTu-Ansatzes zu untersuchen und Angaben über Technikvorstellungen und Technikinteresse von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I zu erhalten. Folgende Fragestellungen werden mit dem Projekt verfolgt:

- Welche Technikinteressen und welche technikspezifische Selbstwirksamkeit weisen Jugendliche der Sekundarstufe I auf und welche Berufswünsche haben sie?
- Wie wirkt sich die durchgeführte Unterrichtsintervention auf das Technikinteresse, die Selbstwirksamkeit, die Berufswünsche und die Technikkompetenz aus?
- Wirkt expliziter, reflektiver Technikunterricht förderlich für das Technikinteresse und den Erwerb technischer Kompetenz bei weiblichen Jugendlichen?

Forschungsdesign

Der Ansatz des expliziten, reflektiven Technikunterrichts wurde in einer Interventionsstudie im 7. und 8. Schuljahr mit einem quasi-experimentellen Pre-/Post-Design (N=470) in der Nordwestschweiz untersucht. Mittels eines onlinebasierten Fragebogens wurden die Schüler vor und nach der Intervention zu Technikinteresse, Selbstwirksamkeit und Berufswünschen befragt. Darüber hinaus wurde der Erwerb von Technikkompetenz mit Kompetenzaufgaben vor und nach der Intervention untersucht. Weitere Untersuchungen beinhalten die Analyse von Schülerarbeitsjournalen, mit denen Arbeits- und Denkprozesse sowie Lernfortschritte in Form von Meilensteinen in jeder Phase (vgl. Abb. 1) erfasst wurden. Im Anschluss an die Intervention wurden die Lehrpersonen in Gruppeninterviews (N=9) und ausgewählte Schüler/innen (N=8) in Einzelinterviews zu ihren Erfahrungen mit dem „expliziten, reflektiven Technikunterricht“ befragt. Sie werden qualitativ inhaltsanalytisch bzw. semiquantitativ ausgewertet.

Theoretische Fundierung: expliziter, reflektiver Technikunterricht (exreTu)

Der exreTu-Ansatz orientiert sich an der von Sachs (2001) dargelegten Multiperspektivität von Technik und an der Didaktik des allgemeinbildenden Technikunterrichts (Schmayl, 2011) sowie an Konzepten des handlungsorientierten, problemlösenden Lernens im Kontext. Ziel der exreTu-Unterrichtssequenz war „Ingenieurhandeln“ möglichst realitätsnah zu erleben. Folgende vier Gesichtspunkte zeichnen den Unterrichtsansatz aus:

- *Kontextorientiertes und problemlösendes Lernen.* Nach dem Ansatz des „Scaffolded Inquiry Based learning“ (Quintana et al., 2004; Hmelo-Silver, 2006; Gilbert, 2006; Bennet et al., 2007) werden Fragen im Zusammenhang mit der Herstellung eines Produkts oder mit technischen Prozessen problemlösend handelnd in Schülerteams bearbeitet. In Anlehnung an ingenieur-technisches Handeln planen Schülerfirmen ein Produkt, stellen dieses her und evaluieren es.

- *Explizieren.* Das Erklären von Technik und technischen Funktionsabläufen und das Sprechen über Technik (Technik explizit machen) wird als Mittel zum Konzeptaufbau (Duit & Treagust, 2003) eingesetzt.

- *Bewusstes Reflektieren.* Während der Intervention werden mit Hilfe eines Arbeitsjournals, das Reflexionsanregungen und zu erfüllende Meilensteinaufgaben enthält, die metakognitiven Strategien (Pintrich et al., 2000; Schraw, 2000) für Problemlöseprozesse offengelegt und gefördert.

- *Rollenverständnis.* Im Projekt erfolgt für die in der Berufswahlphase stehenden Schülerinnen und Schüler eine Auseinandersetzung mit verschiedenen Berufsrollen und den Rollen im Schülerteam während des Arbeits- und Produktionsprozess.

Durchführung: Entwicklung und Umsetzung der Intervention

Der Ansatz des „expliziten, reflektiven Technikunterrichts“ kann prinzipiell auf verschiedene Themen bzw. Produkte angewendet werden. In der Intervention wurden die Themen „Schokolade“, „Licht & Leuchte“ und „Leichtbaufahrzeuge“ durchgeführt. Die Sequenzen der Intervention (s. Abb. 1) wurden unabhängig vom Thema vorgegeben. Sie garantierten die Durchführung des Unterrichts gemäß dem exreTu-Ansatz, ließen aber auch mögliche Adaptierungen an die Unterrichtssituation zu. Folgende Anforderungen wurden definiert:

- Die Intervention ist auf allen Leistungsniveaus einsetzbar und evaluierbar.
- Individuelle methodische Differenzierungen können vorgenommen werden.
- Grundlegende Arbeitsschritte werden von allen Klassen in gleicher Weise durchgeführt.
- Die Vergleichbarkeit für die wissenschaftliche Auswertung ist gegeben.
- Die Meilenstein-Aufgaben sind vorgegeben und werden von allen Klassen durchgeführt



Abb. 1: Sequenzen des expliziten, reflektiven Technikunterrichts

Thema Licht & Leuchte: Beispiel der Intervention

Die Schülerinnen und Schüler planten und entwarfen während des exreTu-Technikunterrichts als technisches Objekt eine Leuchte, die sie anschließend im Team selber herstellten. Der Unterricht folgte dem mehrperspektivischen Ansatz: physikalische Zusammenhänge zu ‚Licht‘ und ‚Elektrizität‘ wurden genauso thematisiert wie historische oder ökologische Aspekte der künstlichen Beleuchtung. Die Schülerinnen und Schüler durchliefen bei der Produktgestaltung einen exemplarischen Problemlöseprozess (Stuber et al., 2009; Dittli et al., 2009): Sie analysierten vielfältige Funktionen und Arten von Beleuchtungskörpern; sie experimentierten zum Thema ‚Stromkreis‘; sie formulierten ihre

eigenen Bedürfnisse an ‚Lichtobjekte‘; sie skizzierten Entwürfe und gestalteten individuelle Modelle; sie führten technische und gestalterische Experimente durch; sie erprobten anhand gestalterischer Experimente Licht und Schattenwirkung; sie planten die Herstellung ihres Produkts; sie verhielten sich wie eine reale Firma und entwickelten eigene Projektideen und Lösungsmöglichkeiten, die sie im Team auch umsetzten.

Evaluation und Schlussfolgerungen

Das Projekt ist zurzeit noch nicht abgeschlossen. An dieser Stelle seien deshalb die subjektiven Einschätzungen der Beteiligten zum exreTu-Unterricht nach der Intervention erwähnt. Weitere erste Analysen von Teilfragestellungen betreffend Interesse und Kompetenzerwerb werden in den beiden Folgebeiträgen vorgestellt. Insgesamt zeichnen die Ergebnisse der schriftlichen Befragungen (subjektive Einschätzung direkt nach der Intervention) ein positives Bild. 70% der Lehrpersonen fanden den exreTu-Technikunterricht sehr wertvoll, 30% fand ihn wertvoll und rund 80% der Schülerinnen und Schüler hat der Technikunterricht gefallen. 40% der Schülerinnen geben an, im Technikunterricht neue Interessen entwickelt zu haben und 70% der Schülerinnen und Schüler würden empfehlen, vermehrt solchen Technikunterricht durchzuführen. Die beteiligten Lehrpersonen bemerkten, dass für das Projekt zwar ein größerer Zeitaufwand erbracht werden musste, dieser aber durch die Lernfortschritte, die Motivation und den Erfolg wettgemacht wurde. Die Hauptherausforderung wurde in der relativ offenen Gestaltung des Unterrichts gesehen. Die Offenheit, gegeben durch den realitätsnahen Ingenieuransatz, brachte sowohl Chancen – zum Beispiel das innovative, zweckgerichtete Arbeiten – als auch Probleme – etwa eine organisatorische, sachliche oder zeitliche Überforderung. Es bleibt zu prüfen, wie solche pädagogisch und didaktisch wertvollen Unterrichtsansätze mit offenen Unterrichtsformen vermehrt unterstützt werden könnten, z.B. durch das Schaffen entsprechender institutioneller Rahmenbedingungen oder der Institutionalisierung von Teamprojekten unter Lehrpersonen.

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, 347-370
- Birri, Ch. & Oberli, M. & Rieder, Ch. (2003). *Fachdidaktik*. Basel und St. Gallen: fdtg@educanet.ch
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptualchange: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education* 25 (6), 671- 688
- Engstrom, D.E. (2006). Changes and Progress in elementary technology education. <http://www.iteaconnect.org/Conference/PATT/PATT15/Engstrom.pdf> (Zugriff am 13.10 2012)
- Gilbert, J.K. (2006). On the nature of 'context' in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28 (9), 957-976
- Hmelo-Silver, C.E., & Azevedo, R. (2006). Understanding complex systems: Some core challenges. *Journal of the Learning Sciences*, 15 (1), 53-61
- Pintrich, P., Wolters, C. & Baxter, G. (2000). Assessing Metacognition and self regulated Learning. In G. Schraw & J. Impara (Hrsg.), *Issues in the Measurement of Metacognition*. Lincoln: Buros Institute of Mental Measurements. University of Nebraska-Lincoln, 43-98
- Quintana, C., et al. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Science*, 13, 337-386
- Sachs, B. (2001). *Technikunterricht: Bedingungen und Perspektiven*. tu-Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 100,
- Schmayl, W. (2010). *Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren
- Schraw, G. (2000). Assessing Metacognition: Implications of theBuros Symposium. In: G. Schraw & J. Impara (Hrsg.), *Issues in the Measurement of Metacognition*. Lincoln Buros Institute of Mental Measurements. University ofNebraska-Lincoln, 297-322
- Theiler, F. & Baumann, K. (2010). *Technik begreifen. Zugänge zur Welt der Technik mit Physik und Chemie*. Lehrmittel, Schulverlag plus.

Technik und Technikunterricht: nützlich und/oder interessant?

Situierung

Ambivalenz gegenüber Technik prägt das Verhalten von Jugendlichen: Einerseits beherrschen technische Geräte den Alltag, andererseits stellt man ein zunehmendes Desinteresse am Verständnis technischer Zusammenhänge und dem Wunsch einen technischen Beruf zu ergreifen fest (acatech, 2009; Elster, 2008; Eurobarometer, 2010; Schreiner et al., 2004). Der aktuelle Diskurs der Naturwissenschaftsdidaktik fokussiert vor allem auf die naturwissenschaftliche Grundbildung, die „scientific literacy“. Aktuelle Probleme unserer Gesellschaft zeigen aber, dass für die heutige Wissensgesellschaft auch die Vermittlung von "technical literacy" und "technological literacy" gefordert ist. Dabei geht es nicht nur um die Fähigkeit, Probleme kausalanalytisch und naturwissenschaftlich zu verstehen, sondern diese auch finalorientiert und wertschöpfend zu lösen. Die Förderung von Technikinteresse und Technikverständnis ist aus diesem Grund erklärtes Ziel der Bildungspolitik (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2010). In der deutschsprachigen wie auch in der internationalen Literatur fehlen jedoch Untersuchungen zu spezifischen Technikkompetenzen, -interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen von Jugendlichen. Die Entwicklung eines Fragebogens zur Erhebung spezifischer Technikinteressen und technikspezifischer Selbstwirksamkeit war deshalb ein wichtiger Bestandteil des SNF-DORE Projektes „Expliziter, reflektiver Technikunterricht“. Der in der Literatur vielfach belegte Zusammenhang zwischen Interesse und Selbstwirksamkeitserwartung (SWE, Bandura, 1997; Krapp und Ryan, 2002) wurde im Rahmen eines handlungsorientierten und allgemeinbildenden Technikunterrichts überprüft.

Methode

In Anlehnung an verschiedene Interessensstudien der Naturwissenschaften (Hoffmann, Häussler et al. 1998; Häussler, 2002) sind die Technikinteressen in der vorliegenden Studie in einer schriftlichen Befragung erhoben worden. Neu konstruierte Items wurden in einer Pilotbefragung (N=102) getestet. Die definitive Erhebung erfolgte in einem quasi-experimentellen Pre-Post-Testdesign. Insgesamt haben 481 Schülerinnen und Schüler (229 Mädchen; 252 Jungen) am Vortest und 388 am Nachtest teilgenommen. Im vorliegenden Beitrag werden die Daten aus der Vorbefragung präsentiert und diskutiert. Die theoretisch hergeleiteten Skalen zu Technikinteresse und technikspezifischer Selbstwirksamkeit wurden mit Hauptkomponenten- und Reliabilitätsanalysen empirisch überprüft (vgl. Tab. 1). Bedeutsame Unterschiede zwischen den Geschlechtern (männlich/weiblich) und den Schulniveaus (Real, Sek, Progym) werden mit Mittelwertvergleichen (t-Tests und paired sample t-Tests) und der Berechnung von Effektstärken (Cohens d) eruiert. Korrelationen (Kendall's tau) zeigen die Zusammenhänge zwischen den Variablen auf.

Ergebnisse

Einstellung und Interesse

Die Analysen zeigen, dass die Einstellung zu Technik (Technik ist nützlich für die Gesellschaft) und das allgemeine Interesse an Technik (Technik interessiert mich) relativ stark ausgeprägt sind, die tätigkeits- und inhaltspezifischen Interessen dagegen viel weniger stark und die beruflichen Interessen noch weniger (vgl. Tab. 1). Die spezifischen und beruflichen Interessen variieren jedoch stark: so ist das Interesse an „Technik verstehen und

beurteilen“ beispielsweise deutlich weniger stark ausgeprägt als das Interesse am „selber etwas erfinden, entwickeln und herstellen“. In Bezug auf bestimmte Technikbereiche zeigen sich hinsichtlich dem inhaltlichen und beruflichen Interesse auch deutliche Unterschiede: das Interesse an Elektrotechnik und an Informationstechnik ist viel stärker ausgeprägt als das Interesse an den anderen Technikbereichen (z.B. Umwelttechnik). Insgesamt ist das individuelle Technikinteresse geschlechtsspezifisch: die Jungen weisen ein deutlich höheres Interesse an Technik auf als die Mädchen. Dieser Geschlechtsunterschied ist am größten bei „Technik nutzen“ (an/mit Maschinen arbeiten). Keine bedeutsamen Geschlechtsunterschiede zeigen sich bei den Aspekten „skizzieren und planen von Technik“, „Technik mit Umweltbezug“ und „Inhalte und Tätigkeiten des Technikunterrichts“.

<i>Inhaltliche Dimension</i>	<i>Quelle bzw. abgeleitet von</i>	<i>Skalen: Mittelwerte; 1=kein Interesse/SWE; 4=hohes Interesse/SWE; Cronbach's Alpha (α)</i>
<i>Einstellung zu Technik</i>	Pisa 2006	1 Skala: M=3.2; α =0.8
<i>Allgemeines Interesse an Technik im Kontext</i>	Guedel 2010	Freizeit: M=2.9; α =0.8; Schule: M=2.6, α =0.7 Beruf: M=2.4, α =0.8
<i>Spezifisches Interesse an technischen Tätigkeiten</i>	Bergmann 1992; VDI 2007	Technik verstehen & beurteilen: M=2.3; α =0.9 Technik skizzieren & planen: M=2.6; α =0.7 Technik erfinden, entwickeln & herstellen: M=2.8; α =0.9 Technik nutzen: M=2.6; α =0.8 Technik mit Umweltbezug: M=2.6; α =0.8
<i>Spezifisches inhaltliches Interesse Technik</i>	Meyers 2002	Umwelt: M=2.3; α =0.8; Elektro: M=3.2; α =0.7 Gestaltung & Haus: M=2.6; α =0.6
<i>Spezifisches berufliches Interesse an Technik</i>	Meyers 2002	Umwelt: M=2.0; α =0.8; Elektro: M=2.3; α =0.7 Gestaltung & Gesundheit: M=2.2; α =0.6
<i>Spezifisches Interesse am Technikunterricht</i>	Guedel 2010	Inhalte: M=2.5; α =0.9 Tätigkeiten: M=2.8; α =0.8
<i>Allgemeine SWE</i>	Schwarzer 2002	1 Skala: M=2.9; α =0.9
<i>Technikspezifische Selbstwirksamkeitserwartung (SWE)</i>	Bandura 2006	Technik verstehen & beurteilen: M=2.7; α =0.7; Technik entwickeln: M=2.5; α =0.8; Technik nutzen: M=2.6; α =0.9; Werkunterricht: M=2.7; α =0.8

Tab. 1: Inhaltliche Dimensionen des Schülerfragebogens und deren Quelle; empirisch verifizierte Skalen, deren Mittelwerte und Cronbach's alpha (a).

Selbstwirksamkeitserwartung

Die allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung (Schwarzer & Jerusalem, 2002) ist bei den Jugendlichen der Sekundarstufe I stärker ausgeprägt als die durchschnittliche technikspezifische Selbstwirksamkeitserwartung. Dabei weisen die Jungen hinsichtlich „Technik nutzen“ (ein Mofa reparieren) und „Technik verstehen und beurteilen“ (Wenn ich mich bemühe, kann ich einen technischen Zusammenhang sehr gut erklären.) ein größeres Selbstvertrauen in ihre Fähigkeiten auf als die Mädchen. In Bezug auf „Technik skizzieren“ (Auch unter Zeitdruck kann ich ganz genaue Skizzen machen und Pläne zeichnen.) und „Werkunterricht“ (Im Werken habe ich viel erreicht, weil ich im Werken gut bin.) sind die Geschlechterunterschiede nicht bedeutsam.

Berufswünsche

Mehr als 30% der Schülerinnen und Schüler verfügen in der Vorbefragung (noch) über keinen konkreten Berufswunsch. Von den restlichen Befragten nennen etwas mehr als 20% einen technischen Beruf im engeren Sinne (Technik entwickeln, konstruieren und herstellen), darunter weniger als 10% Mädchen. Beinahe die Hälfte der Schülerinnen und Schüler nennen Berufe, welche im weiteren Sinne mit Technik zu tun haben und zwar mit Technik verstehen, skizzieren, planen und/oder nutzen. In dieser Gruppe sind Mädchen genauso vertreten wie Jungen. Gänzlich technikferne Berufe werden von mehr als 30% genannt, davon von mehr als 65% Mädchen.

Zusammenhänge: Interesse, Selbstwirksamkeitserwartungen und Berufswünsche

Für die Korrelationsanalysen wurden alle Interessensskalen (außer das Interesse am Technikunterricht) zu einer Skala zusammengefasst. Diese korreliert sowohl mit der technikspezifischen Selbstwirksamkeitserwartung wie auch mit den technikspezifischen Berufswünschen stark ($0.29 < \tau < 0.52$). Das Interesse am Technikunterricht dagegen korreliert kaum mit den Selbstwirksamkeitserwartungen (0.13) und gar nicht mit den Berufswünschen (-0.02).

Diskussion und Fazit

Die in der Studie belegte positive Einstellung und das relativ hohe allgemeine Interesse an Technik, insbesondere in der Freizeit, deuten darauf hin, dass Jugendliche Technik tatsächlich nützlich finden und spontan auch an Technik interessiert sind. Dieses Interesse beruht jedoch auf einer oberflächlichen und einseitig geprägten Vorstellung von Technik. Dies bestätigen auch Analysen der Technikvorstellungen von Jugendlichen. Wenn das Interesse an spezifischen technischen Inhalten oder Tätigkeiten erfragt wird, ist dieses nämlich eher schwach ausgeprägt. Ausnahmen bilden der Bereich Informations- und Kommunikationstechnik und kreative Tätigkeiten, wie selber Produktideen entwickeln, Produkte herstellen und deren Gestaltung ausführen. Ein Technikunterricht, der Schülervorstellungen einbezieht und auf Schülerinteressen Rücksicht nimmt, müsste also Informations- und Kommunikationstechnik einbeziehen – das ist für Jugendliche die interessante Technik – und einen vollständigen Produktionsprozess, inklusive Ideenentwicklung und Gestaltung, anregen. Dies könnte eine positive Entwicklung der spezifischen Technikinteressen und damit auch der technikspezifischen Selbstwirksamkeitserwartung und der Berufswünsche auslösen.

Literatur

- Acatech (2009). Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften. Ergebnisbericht. München
- Bandura, A. (1997). Self-Efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. *Psychological Review* 84 (2), 191-215
- Bandura, A. (2006). Guide for constructing self-efficacy scales. *Self Efficacy Beliefs of Adolescents*. F. Payares and T. Urdan. United States of America, IAP - Information Age Publishing Inc., 307-337
- Bergmann, C. & Eder, F. (2005). Allgemeiner Interessen-Struktur-Test mit Umwelt-Struktur-Test (UST-R). Göttingen: Beltz Test GmbH
- Deci, E. & Ryan, R. (1993). Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39 (2), 223-338
- Elster, D. (2008). Was interessiert Jugendliche an den Naturwissenschaften? Ergebnisse der ROSE-Erhebung. Wien:
- Eurobarometer (2010) "Science and Technology. Report." Special Eurobarometer 340
- Hoffmann, L., Häußler, P. et al. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel, IPN
- Krapp, A. & Ryan R. M. (2002). Selbstwirksamkeit und Lernmotivation. *Zeitschrift für Pädagogik*, Beiheft 44, 54-82
- Meyer (2002). Wie funktioniert das? Technik. Meyers Lexikon Verlag. Bibliographisches Institut, Mannheim
- Schreiner, C. & Sjoberg, S. (2004). Sowing the Seeds of ROSE (The Relevance of Science Education). *Acta Didactica*, 4, 120
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. M. Jerusalem and D. Hopf. Weinheim und Basel: Beltz Verlag, 28-53
- Schweizerische Eidgenossenschaft (2010). Mangel an MINT-Fachkräften in der Schweiz. Bericht des Bundesrats. Bern: Schweizerische Eidgenossenschaft
- Verein Deutscher Ingenieure (2007). Bildungsstandards Technik für den Mittleren Schulabschluss. Düsseldorf: VDI

Technikkompetenzen erwerben – aber wie?

Technische Kompetenzen sind unerlässlich im Alltag. Im naturwissenschaftlichen Unterricht werden sie bislang nur marginal vermittelt. Der Nachweis und die Messung komplexer Tätigkeiten sind schwierig, insbesondere dann, wenn diese Tätigkeiten sowohl kognitive und kommunikative als auch handelnde Komponenten beinhalten, wie dies beim Erfassen von „Technikkompetenz“ der Fall ist.

Hinzu kommt der Umstand, dass – je nach Kompetenzmodell – der Begriff Technikkompetenz sehr unterschiedlich ausgelegt wird (z.B. KecuBHTW, 2006; VDI, 2007). Für das exreTu-Projekt werden in Anlehnung an die Kompetenzdefinitionen des VDI (2007) die folgenden sechs Kompetenzbereiche unterschieden:

- Technik erklären und kommunizieren
- Technik erkunden
- Technische Fertigkeiten, Kenntnisse entwickeln
- Problemlösung: Lösungsansätze entwickeln, Handlungsplan erstellen
- Technik konstruieren und herstellen
- Technik bewerten

Fragestellungen

Im Rahmen der Intervention Technikunterricht wurde u.a. mittels paper-pencil Aufgaben die Entwicklung der Technikkompetenz untersucht. Die folgenden Hauptfragestellungen sind dabei relevant:

- Wie differenziert ist die Vorstellung der SchülerInnen zu technischen Funktionsabläufen?
- Liegen hinsichtlich der festgestellten Technikkompetenzen Unterschiede zwischen den Geschlechtern und den Schulniveaus vor?
- Lassen sich Unterschiede zwischen dem Vor- und Nachtest beobachten?

Darüber hinaus wird die Eignung der eingesetzten Aufgabentypen zur Messung von Technikkompetenz überprüft.

Methode

Im Fokus der Kompetenzaufgaben steht u.a. ein naturwissenschaftlich-technisches Grundproblem: das Wiegen und Messen. Die eingesetzten Aufgaben zur Kompetenzmessung beinhalten u.a. Fragen zu Funktionserklärungen mit denen der VDI-Kompetenzbereich „Technik verstehen“ gefördert werden soll.

Darüber hinaus enthält die Untersuchung zu den technischen Kompetenzen eine Experimentieraufgabe (Bau einer Waage), in der das praktische und motorische Handling sowie kognitive Aspekte untersucht werden. Mit der Experimentieraufgabe soll der VDI Kompetenzbereich „Technik konstruieren und herstellen“ gefördert werden. Für die Experimentieraufgabe wurden die Materialien aus dem Projekt „explore-it“ (www.explore-it.org) verwendet. Die Jugendlichen mussten eine Briefwaage – basierend auf dem Magnet Prinzip – aus vorgegeben Materialien nach Anleitung bauen und anschliessend Verbesserungsvorschläge anbringen.

Im Rahmen einer schriftlichen Befragung wurden den Schülerinnen und Schülern Aufgaben zum Thema Technik vorgelegt, die sie selbstständig im Klassenraum unter Anwesenheit der Mitschüler und der Lehrperson lösen mussten. Die Versuchsgruppe löste die Aufgaben vor und nach dem Technikunterricht, die Kontrollklassen im gleichen Zeitraum im Abstand von

einem halben Jahr, ohne Technikunterricht. Zusätzlich zum Technikunterricht erhielt die Versuchsgruppe die Experimentieraufgabe. Insgesamt nahmen 442 Schülerinnen und Schüler (52% Jungen, 48% Mädchen) im Vortest und 421 (51.5% Jungen, 48.5% Mädchen) im Nachtest teil. Es wurden drei Schultypen befragt (Realschule, Sekundarschule, Progymnasium). Die Auswertung erfolgte quantitativ und qualitativ mittels des Statistikprogramms SPSS 20; für die Zusammenhangsanalysen wurden Chi-Quadrat Tests durchgeführt.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über ausgewählte Kompetenzaufgaben, deren Lernziele, Kompetenzbereiche und untersuchte Fragestellungen:

Kompetenzaufgabe	Beschreibung	Lernziele	Kompetenzbereiche
Waage auswählen und deren Funktionsprinzip erklären (vor der Experimentieraufgabe)	SchülerInnen wählen aus vier Waagen eine aus und erklären deren Funktionsweise schriftlich und/oder mittels einer Skizze.	Funktions- erklärungen	Technik verstehen (VDI) bzw. Technik erkunden und bewerten (exreTu-Sequenz)
Experimentieraufgabe	Konstruktion einer einfachen Briefwaage basierend auf dem Magnet Prinzip, gemäß Anleitung. Verbesserungsmöglichkeiten an Briefwaage erkennen und vornehmen	Technisches Handeln Technische Optimierung	Technik konstruieren und herstellen (VDI) bzw. Konstruktion, Herstellung und Optimierung eines Produkts (exreTu-Sequenz)
Funktionsprinzip der Briefwaage erklären (nach der Experimentieraufgabe)	SchülerInnen erklären schriftlich und/oder mittels einer Skizze wie eine Briefwaage funktioniert.	Funktions- erklärungen	Technik verstehen (VDI) bzw. Technik erkunden und bewerten (exreTu-Sequenz)

Tab. 1: Übersicht über ausgewählte Kompetenzaufgaben, deren Lernziele und Kompetenzbereiche

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Unterrichtssequenz mit dem expliziten, reflektierten Technikunterricht hat zu einem Kompetenzzuwachs in dem Kompetenzbereich „Technik verstehen“ geführt. Dieser Zuwachs erfolgte auf allen Niveaus (Real, Sek, Progym), wobei das Ausmass des Kompetenzzuwachses schulniveauabhängig ist. Auffällig ist, dass gerade auf dem Niveau der Realschule (unterstes Niveau) die Differenziertheit der Funktionserklärungen im Nachtest zunimmt. Offensichtlich kommt der Fokus auf das schrittweise Explizieren dieser sprachlich wohl eher schwächeren Gruppe zu Gute.

Darüber hinaus sind Unterschiede beim Kompetenzzuwachs und der Erweiterung von Basiskonzepten in Abhängigkeit des Geschlechts feststellbar. Bei Mädchen ist zum Teil ein deutlich höherer Kompetenzzuwachs in Bezug auf die Differenziertheit der konzeptuellen Vorstellungen zu verzeichnen.

Der exreTu-Ansatz zeigt, dass handelnde Zugänge und Auseinandersetzung mit Technik wichtig sind – dies gilt sowohl für Mädchen als auch Jungen auf allen Schulniveaus. Insbesondere bei Mädchen und RealschülerInnen ist ein deutlicher Zuwachs im Bereich der Kompetenz „Technik verstehen“ zu verzeichnen. Daraus lässt sich folgern, dass eine intensive Förderung der Realschulklassen sowie eine stärkere Auseinandersetzung der Mädchen (unabhängig vom Schulniveau) mit Technik notwendig sind, um diesen Zielgruppen mehr positive Kompetenzerfahrungen in technischen Bereichen zu ermöglichen und folglich ihr Interesse und ihre Selbstwirksamkeit in Bezug auf Technikthemen zu fördern.

Literatur

- Doornekamp, B.G. (2001). Designing teaching materials for learning problem solving in technology education. *Research in Science and Technological Education*, 19, 25-38
- Friege, G. & Lind, G. (2003). Allgemeine und fachspezifische Problemlösekompetenz. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 63-74
- Hartmann, E. (Hrsg.) (2005). *Technische Bildung in Unterrichtsforschung und Lehrerbildung*. Frankfurt a.M.: Lang
- Hartmann, E. & Scherweit, S. (2005). Einfluss von Technikunterricht auf das technische Verständnis von Schülern - ein Forschungsbericht. (Bericht über eine empirische Untersuchung im Technikunterricht). In E. Hartmann (Hrsg.), *Technische Bildung in Unterrichtsforschung und Lehrerbildung* (S. 9-32). Frankfurt a.M.: Lang
- ITEEA (2007). Standards for Technological Literacy: content for the study of technology. In: I.T. a. E. E. Association (Hrsg.), 2007. Verfügbar unter <http://www.iteea.org/Publications/publications.htm> (Zugriff am 23. Juli 2012)
- Lehmann, R. & Hoffmann, E. (Hrsg.) (2009). *BELLA: Berliner Erhebung arbeitsrelevanter Basis-kompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit Förderbedarf "Lernen"*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann
- Ropohl, G. (1979). *Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie*. 3. Aufl.. Universitäts-Verlag Karlsruhe
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 45-66
- Schneider, S. (2000). *Technikverständnis bei weiblichen Jugendlichen in der Berufsausbildung*. Aachen: Shaker Verlag
- Verein Deutscher Ingenieure (2007). *Bildungsstandards Technik für den Mittleren Schulabschluss*. Düsseldorf: VDI

Harte Naturwissenschaften – was steckt hinter diesem Begriff?

Der Begriff „harte Naturwissenschaften“ fasst die beiden Schulfächer Chemie und Physik zusammen und grenzt sie gegen die Biologie ab. Über diese definatorische Bedeutung hinaus ist der Begriff Träger von Vorstellungen und Assoziationen. Sie sind vor allem an das Wort „hart“ geknüpft. Dieses Wort wird im Deutschen in vielfältigen Verbindungen verwendet (harte Arbeit, harte Jugend, hartes Vorgehen, hartes Herz usw.). „Hart“ bedeutet „angestrengt“, „sehr unangenehm“, „ohne Gefühl“, „ohne Mitleid“. Zu „hart“ gehört auch die Konnotation „männlich“. Überträgt man diese Bedeutungen auf Schule, so hat man sich demnach unter einem harten Schulfach etwa Folgendes vorzustellen:

<u>Hartes Fach</u>	
schwierig	Es wird selten gelacht.
viel Arbeit	Man fühlt sich da kaum wohl.
strenge Zensurierung	Ein Fach bestenfalls für eine Minderheit.
wenig Mitgefühl	Ein Fach primär für Jungen.

Verglichen hiermit, ist das Bild bemerkenswert, das empirische fachdidaktische Untersuchungen von den beiden „harten“ Fächern Chemie und Physik zeichnen. Es entspricht genau den durch das Wort „hart“ geweckten Vorstellungen. Beide Fächer gelten Schülern als besonders schwer (Abb. 1a); das anfängliche Schülerinteresse an ihnen geht, sobald der Fachunterricht beginnt, rapide zurück (Abb. 1b).

Die Abbildungen 1a und 1b verdeutlichen, wie beides Hand in Hand geht und zusammengehört. Biologie, das seine Schwierigkeit bis zur Klasse 10 ziemlich konstant hält, findet gleichbleibend Interesse bei vielen Schülern. Chemie und Physik dagegen, die sich mit den Jahren zu den schwersten unter sämtlichen Schulfächern entwickeln, büßen besonders stark Schülerzuspruch ein. Die Rangreihen der vier Fächer in den Abbildungen 1a und 1b sind ziemlich genau spiegelbildlich zueinander. Das ist kein Zufall.

Weitere Eigenschaften von Chemie und Physik passen ebenfalls zu den oben genannten Assoziationen von „harten“ Fächern. Die Zensurenggebung ist ungewöhnlich streng (Merzyn 2008, S.114). Mädchen werden weitaus mehr als Jungen abgeschreckt (Merzyn 2008, S.26). Und auch hier unterscheiden sich beide Fächer stark von Biologie. Der Begriff „harte Naturwissenschaften“ ist demnach überaus treffend gewählt.

Nicht nur Schüler nehmen Chemie und Physik als besonders schwierige Fächer wahr. Auch Lehrer beider Fächer tun das. Der Lehrerverband MNU hat in Stellungnahmen zum naturwissenschaftlichen Unterricht wiederholt auf diese besondere Härte hingewiesen. Er sieht sie mit Sorge:

„Es macht mehr Sinn, Schüler im [...] Unterricht erfolgreich auf ein Niveau zu führen, das sie in ihrem Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge weiter führt – auch wenn es nicht in allen Punkten [...] zufriedenstellend ist – als einen Großteil der Schüler an einem zu hohen Anspruch an Vollständigkeit und wissenschaftlicher Korrektheit scheitern zu lassen und damit eine Abwendung von den Naturwissenschaften zu bewirken.“

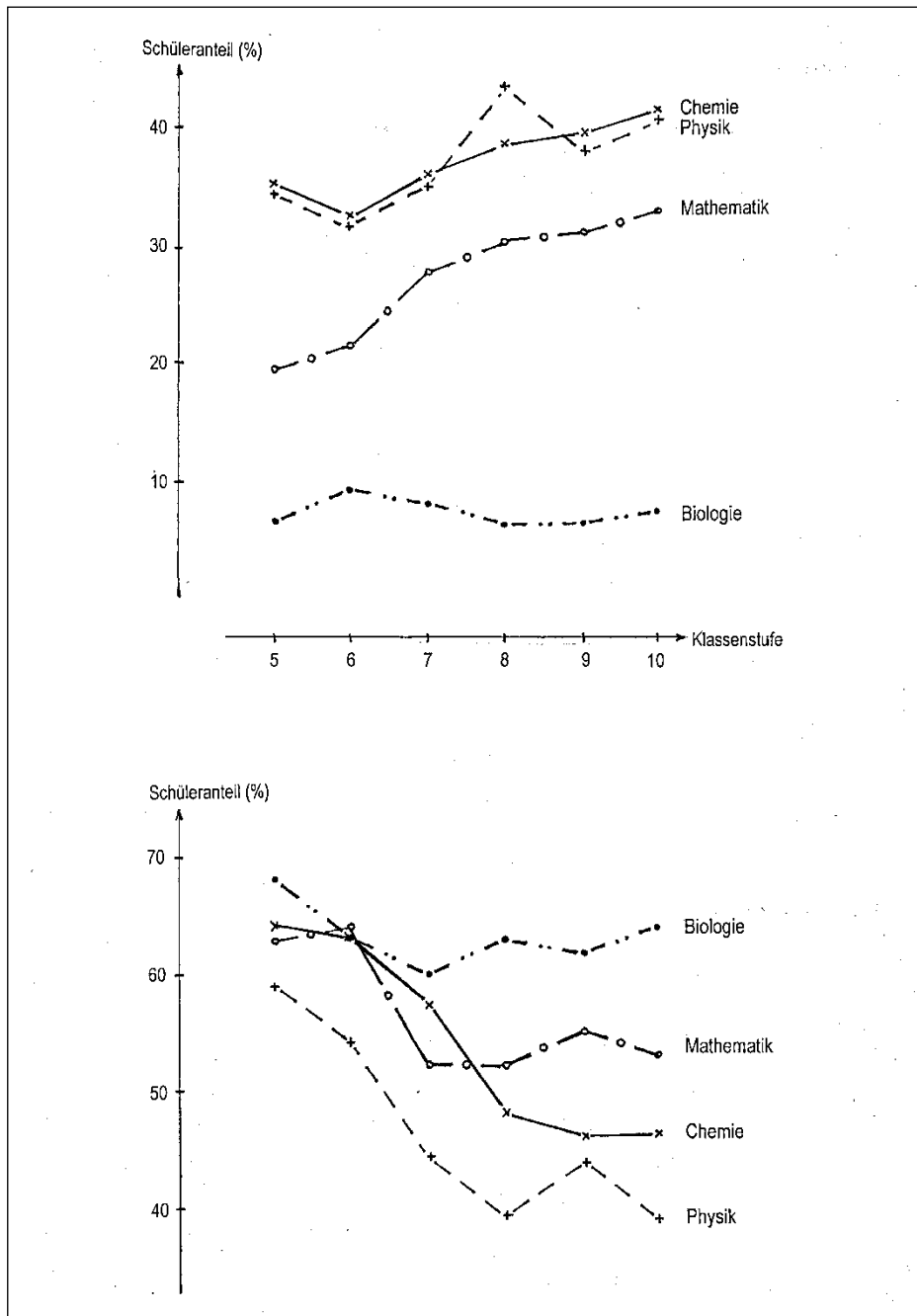


Abb. 1 a) (oben) Schwierigkeit der Unterrichtsfächer. Anteil der Schüler, die ein Fach als „schwierig“ oder „sehr schwierig“ einstufen (Merzyn 2008, S.76).
 b) (unten) Schülerinteresse an Unterrichtsfächern. Anteil der Schüler, die ein Fach als „interessant“ oder „sehr interessant“ einstufen (Merzyn 2008, S.21).
 Beides nach Daten von Hoffmann und Lehrke (n=4034).

Lehrerbefragungen zeigen gleichfalls, dass viele Fachlehrer die herausgehobene Schwierigkeit beider Fächer wahrnehmen. Aber anders als es die MNU-Stellungnahmen erwarten lassen, will eine große Mehrheit der Lehrer an dieser Schwierigkeit nichts ändern (Merzyn 2008, S.140). Lehrer verteidigen die elitäre Sonderstellung ihrer Fächer, z. B. so:

„Es kann in den naturwissenschaftlichen Fächern nicht darum gehen, es möglichst vielen Schülern recht zu machen, sondern denen, die bereit sind, selbst einiges zu investieren, etwas zu bieten. Dass es sich nur um eine Minderheit handelt, ist schade, scheint aber für unsere Zeit nicht untypisch zu sein.“

Aus dem Begriff „harte Naturwissenschaften“ hören diese Lehrer keine Kritik heraus. Eher ist er für sie eine Art Qualitätsprädikat.

Literatur:

Merzyn, G. (2008). Naturwissenschaften Mathematik Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren

Katrin Bölsterli¹
 Markus Rehm²
 Markus Wilhelm¹

¹Pädagogische Hochschule Zentralschweiz
²Pädagogische Hochschule Heidelberg

Welche Kluft besteht zwischen Fachdidaktikern und Lehrpersonen in Bezug auf die Gewichtung kompetenzorientierter Lehrmittelkriterien?

Einleitung

Das Lehrmittel wird als eine der wichtigsten Unterstützungen bei Bildungsreformen genannt. Weiter gilt eine Mischung aus Top-Down und Bottom-Up Strategie bei Implementationen von Reformen als erfolgsversprechend. Umso erstaunlicher ist, dass im gesamten deutschsprachigen Raum sowohl Studien zur Erstellung kompetenzorientierter Lehrmittel fehlen als auch die Kluft zwischen den Fachdidaktikern der Naturwissenschaften und den Lehrpersonen in Bezug auf die Kompetenzorientierung unbekannt ist. Um beide „Forschungslücken“ zu schmälern, ist das Ziel der hier präsentierten Teilstudie die Unterschiede zwischen Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern, Grundschullehrkräften (4.-6. Klasse) sowie Sekundarlehrkräften (7.-9. Klasse) in Bezug auf die Gewichtung kompetenzorientierter Lehrmittelkriterien zu untersuchen. Dazu wurden in einem Mixed-Methods Ansatz Umfragen mit offenen und geschlossenen Antwortformaten durchgeführt. Befragt wurden Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker der Naturwissenschaften, Grundschullehrpersonen und Sekundarlehrpersonen.

Theoretischer Bezugsrahmen und Fragestellung

In der Schweiz wird voraussichtlich ab 2014 der kompetenzorientierte Unterricht eingeführt. Damit diese Einführung erfolgreich sein kann, muss die Reform bis auf die Mikroebene des Unterrichts gelangen und die Lehrpersonen sowie die Schülerinnen und Schüler erreichen (Oelkers & Reusser, 2008). Auf dieser Mikroebene werden folgende drei Grundvoraussetzungen für eine wirksame Reformimplementation genannt:

- Erstens sollten die Akteure der Mikroebene verstanden haben, was man unter kompetenzorientiertem Unterricht versteht (Ziener, 2006).
- Zweitens sollten die Lehrpersonen beim Erwerb der erweiterten professionellen Kompetenzen, die sie für das kompetenzorientierte Unterrichten benötigen, unterstützt werden (Oelkers & Reusser, 2008).
- Drittens sollten die Lehrkräfte für die Reform gewonnen werden. Um eine möglichst hohe Akzeptanz zu erzielen, sollte genügend Mitspracherecht und Mitbestimmung gewährt werden. Eine Reform, die nur von oben kommt (top-down), wird mangels Lehrpersonenakzeptanz scheitern (Gräsel & Parchmann, 2004).

Zur Erreichung der ersten beiden Forderungen kann ein kompetenzorientiertes Lehrmittel einen entscheidenden Beitrag leisten. Ein wichtiger Grund hierfür ist die Durchdringungstiefe von Lehrmitteln: Sie erreichen alle Akteure, die Lehrkräfte (Bähr & Künzli, 1999) und die Lernenden (Oelkers & Reusser, 2008).

Um der dritten Forderung, dass die Lehrkräfte in den Reformprozess miteinbezogen werden (Gräsel & Parchmann, 2004), gerecht werden zu können, muss die von Carnine (1997) genannte Kluft zwischen Forschung und Praxis bekannt sein. Denn die Kenntnis darüber ist eine Voraussetzung, um überhaupt zu wissen, in welchen Bereichen die Lehrpersonen miteinbezogen werden sollen, respektive, welche Knackpunkte die Implementation erwartet. Ausgehend von diesen Forderungen lautet die Fragestellung: Wo ist die Kluft? Oder: Welche Unterschiede zwischen Fachdidaktikern, Grundschul- sowie Sekundarlehrkräften bestehen in Bezug auf die Gewichtung kompetenzorientierter Lehrmittelkriterien?

Design und Methode

Zur Beantwortung der Frage wurde ein Mixed-Methods Ansatz gewählt (Gläser-Zikuda, Seidel, Rohlf, Gröschner & Ziegelbauer 2012). In einem ersten Schritt diente eine Expertenbefragung mit neun offenen Fragen dazu, potenzielle Kriterien für kompetenzorientierte Lehrmittel zu generieren. An der Studie nahmen insgesamt 40 Experten aus dem gesamten deutschsprachigen Raum teil (Rücklauf 68%). Unter den Experten waren 6 Lehrmittelautorinnen und -autoren, 17 Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker aller Naturwissenschaften sowie 17 erfahrene Sekundarlehrpersonen der Naturwissenschaften.

Zur Auswertung der Expertenantworten wurde eine zusammenfassende qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) durchgeführt. Im Anschluss daran wurden die analysierten Antworten empirisch validiert. Das heißt, nur diejenigen Expertenaussagen zu kompetenzorientierten Lehrmitteln wurden weiterverfolgt, deren Relevanz durch empirische Studien bestätigt werden konnte.

Aus den validierten Expertenaussagen wurde ein quantitativer Fragebogen erstellt. Dieser Fragebogen diente der Klärung, bei welchen kompetenzorientierten Lehrmittelkriterien eine Kluft zwischen den drei Gruppen besteht. Die eine Gruppe bestand aus 43 Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern der Naturwissenschaften in der Schweiz (Gesamterhebung), die anderen zwei Gruppen aus 166 Grundschullehrkräften (4.-6. Klasse) bzw. 152 Sekundarlehrpersonen der Naturwissenschaften (7.-9. Klasse) aller Deutschschweizer Kantone. Anhand einer 5-stufigen Likertskala (stimme gar nicht zu – stimme völlig zu) konnten die Befragten die Relevanz der 79 kompetenzorientierten Lehrmittelkriterien gewichten.

Zur Datenauswertung wurde eine Hauptkomponentenanalyse mit Promaxrotation (vgl. Tabachnik & Fidell, 2001) durchgeführt und die gebildeten Skalen auf deren Reliabilität mit Cronbachalpha überprüft. Die Gruppenunterschiede wurden mit einem ANOVA ermittelt. Waren signifikante Unterschiede vorhanden, wurden in diesem induktiven Vorgehen Post-Hoc mit dem Tukey-Kramer-Test homogene Untergruppen gebildet (vgl. Sachs & Hederich, 2006, S. 436ff.)

Ergebnisse und Diskussion

Anhand der Faktorenanalyse wurden aus den 79 Items (einzelne kompetenzorientierte Lehrmittelkriterien) 23 Subskalen und 11 Skalen gebildet. Diese sind den drei übergeordneten Bereichen „Schülerhinweise für kompetenzorientiertes Lernen“, „Lehrerhinweise für kompetenzorientiertes Lernen“ und „Kompetenzorientiertes Lernen“ zugeordnet.

Im Folgenden werden nur die Resultate der Skalen des Bereiches „kompetenzorientiertes Lernen“ präsentiert, ohne Detailanalyse auf Subskalen- und Item-Ebene.

Die Unterschiede zwischen den Grundschul- und den Sekundarlehrpersonen sowie Didaktikerinnen und Didaktiker der Naturwissenschaften wurde für jede der fünf Skalen durch einen ANOVA bestimmt. Dabei gibt es signifikante Unterschiede mit mittleren bis großen Effekten ($\eta^2=0.067$ bis $\eta^2=0.142$) zwischen den Gruppen in Bezug auf die Relevanz der Umsetzung von „Konstruktivistischem Lernen“, „Methodischen Aspekten des Lernens“ sowie „Guided-Learning“ in einem kompetenzorientierten Lehrmittel (siehe Tab.1).

In Bezug auf die Umsetzung von „Lernen anhand von Aufträgen und Experimenten“ sowie dem „Exemplarischen Lernen“ konnten keine signifikanten Unterschiede ausgemacht werden und somit wurden bei diesen Skalen auch keine Post-Hoc Tests gerechnet.

Im Post-Hoc Test schätzen die Didaktikerinnen und Didaktiker die Umsetzung von konstruktivistischem Lernen in einem kompetenzorientierten Lehrmittel signifikant wichtiger ein als die zwei Lehrpersonengruppen. Die qualitative Umfrage hat gezeigt, dass zahlreiche Lehrpersonen die Ansätze des konstruktivistischen Lernens nicht kennen und wenn doch, kaum Studien zur Lernwirksamkeit rezipieren.

ANOVA der Skalen	N	Mittelwerte	Homogene Untergruppen ($p=0.05$; Tukey-Kramer)
Konstruktivistisches Lernen $F(2)=12.914, p<0.001, \eta^2=0.067$	43	Did=4.372	G S D
	166	Grundschul-LP=4.013	
	152	Sekundar-LP=3.951	
Methodische Aspekte des Lernens $F(2)=20.974, p<0.001, \eta^2=0.105$	166	Grundschul-LP=4.036	G S D
	152	Sekundar-LP=3.662	
	43	Did=3.405	
Guided Learning $F(2)=28.574, p<0.001, \eta^2=0.142$	159	Grundschul-LP =4.6038	G S D
	146	Sekundar-LP =4.572	
	43	Did=3.837	
Lernen anhand von Aufträgen & Experimenten $F(2)=0.929, p=0.396, \eta^2=0.005$	42	Did=4.325	Keine homogenen Untergruppen, da ANOVA nicht signifikant.
	148	Sekundar-LP =4.224	
	164	Grundschul-LP =4.210	
Exemplarisches Lernen $F(2)=1.272, p=0.282, \eta^2=0.007$	165	Grundschul-LP =4.346	Keine homogenen Untergruppen, da ANOVA nicht signifikant.
	152	Sekundar-LP =4.224	
	43	Did=4.209	
Anmerkungen: Die Mittelwerte sind der Grösse nach von oben nach unten sortiert. Die Didaktiker/-innen sind bei den homogenen Untergruppen rechts dargestellt.			

Tab. 1: Homogene Untergruppen der drei Gruppen: G=Grundschullehrkraft (Klasse 4-6), S=Sekundarlehrkraft (Klasse 7-9) sowie D=Didaktiker/-innen.

Signifikant weniger wichtig schätzen Didaktikerinnen und Didaktiker die Umsetzung methodischer Aspekte und des Guided Learnings ein. Anhand der qualitativen Daten könnte dieser Unterschied einerseits dadurch erklärt werden, dass die Didaktikerinnen und Didaktiker die Unterrichtsmethoden den Lehrpersonen überlassen möchten, andererseits, dass die Lehrkräfte die Umsetzung des Guided Learnings und konkrete Hilfestellungen für Unterrichtsmethoden als Entlastung empfinden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Kluft vielfältig ist und dies zu einer hohen Komplexität der Implementation beiträgt. Ein Vorschlag im Sinne einer didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Gropengiesser & Komorek, 1997) wäre, bei der Erstellung kompetenzorientierter Lehrmittel bewusst die Lehrpersonenperspektive neben der Perspektive der Reform miteinzubeziehen.

Literatur

- Bähr, K. & Künzli, R. (1999). Lehrplan und Lehrmittel. i-mail, 4, 4-7
- Carnine, D. W. (1997). Bridging the Research-to-Practice Gap. In J. Lloyd, E. J. Kameenui & D. Chard (Hrsg.), Issues in educating students with disabilities. Mahwah N.J: Erlbaum, 363-372
- Gläser-Zikuda, M., Seidel, T., Rohlf, C., Gröschner, A. & Ziegelbauer, S. (2012). Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung. Münster: Waxmann
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung – oder der steinige Weg, Unterricht zu verändern. Unterrichtswissenschaft, 32 (3), 196-214
- Kattman, U., Duit, R., Gropengiesser, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (3), 3-18
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse, Grundlagen und Techniken. 11. Aufl. Weinheim: Beltz
- Oelkers, J. & Reusser, K. (2008). Expertise: Qualität entwickeln, Standards sichern, mit Differenz umgehen. Bonn u.a.: BMBF
- Sachs, L. & Hedderich, J. (2006). Angewandte Statistik. 12. Aufl. Berlin: Springer
- Tabachnik, B. G. & Fidell L. S. (2001). Using multivariate statistics. 4. Aufl. New York: Allyn & Bacon
- Ziener, G. (2006). Bildungsstandards in der Praxis-Kompetenzorientiert unterrichten. Seelze: Kallmeyer

Schulbücher als Lernmaterialien!?

Tröhler und Oelkers (2005) bezeichnen Lehrmittel als ‚übergangenes Thema‘ der erziehungswissenschaftlichen Disziplinen und machen damit auf eine Sachlage aufmerksam, die auch für die Physikdidaktik Gültigkeit besitzt (vgl. z. B. Mikelskis, 2007; Merzyn, 1994). Der geringen wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dieser Thematik steht dabei jedoch die zentrale Bedeutung gegenüber, die Lehrmittel im Allgemeinen und Schulbücher im Besonderen für die unterrichtliche Praxis und hier insbesondere für das Planen und Durchführen von Unterricht durch Lehrer sowie das Lernen der Schüler haben. Dass dabei in Zeiten neuer, potentieller Quellen für die Unterrichtsvorbereitung von Physiklehrern das Schulbuch immer noch eine bedeutsame Rolle spielt, macht eine Fragebogenstudie von Härtig, Kauertz und Fischer (2012) deutlich, in der die Wissenschaftler herausstellen, dass Schulbücher, aber auch der Lehrplan, das Internet, Fachbücher sowie der Materialienaustausch mit Kollegen häufig genutzte ‚Quellen‘ bei der Unterrichtsvorbereitung darstellen. Mit Blick auf diese zentrale Bedeutung von Schulbüchern muss es jedoch verwundern, wenn sie und die Lehrmittel-Thematik im Allgemeinen nicht im *mainstream* aktueller Auseinandersetzungen mit der Weiterentwicklung von Schule und Unterricht stehen. So finden die aktuellen Diskussionen über die Bildungsreformen ohne weitgehende Auseinandersetzungen mit den Bildungsmedien statt, obgleich u. a. Oelkers und Reusser (2008, S. 411) darauf verweisen, dass ihnen eine zentrale Rolle zukommen dürfte, wenn es darum geht, Unterricht zu reformieren.

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen setzen wir uns eingehender mit Lehrmitteln für den Physikunterricht auseinander und fragen mit Blick auf aktuell vorliegende Lehrwerke, inwieweit diese als ‚Lernmaterialien‘ verstanden werden können. Hierbei legen wir eine doppelte Perspektive an, indem wir zum einen in den Blick nehmen, inwieweit Schulbücher *direkt* das Lernen der Schüler unterstützen und zum anderen danach fragen, inwieweit Schulbücher *indirekt* das Lernen dadurch ermöglichen, dass sie die Gestaltung unterrichtlicher Lehr- und Lernangebote für Lehrer vorskizzieren (vgl. hierzu auch Stern & Roseman, 2006). Dabei sind wir uns durchaus bewusst, dass diese beiden Perspektiven nicht beliebig getrennt voneinander untersucht werden können.

Wie lassen sich Schulbücher unter der Fragestellung untersuchen, inwieweit sie das Lernen der Schüler direkt und indirekt unterstützen können?

Will man Schulbücher analytisch unter der Fragestellung in den Blick nehmen, inwieweit sie das Lernen der Schüler direkt und indirekt unterstützen, dann kann dies dadurch geschehen, dass man die Schulbücher auf der Basis relevanter Kategorien (z. B. Bildgestaltung, Textverständlichkeit, Aufgabenformate) sichtet. Dieses Vorgehen wendet beispielsweise Scheller (2010) an, die Seiten aus bayerischen Schulbüchern zum Themenbereich ‚Mechanik‘ analysiert. Sie stellt in ihrer Studie eine Vielzahl an relevanten Kategorien der Schulbuchgestaltung heraus und bilanziert hermeneutisch-interpretativ entlang der benannten Kategorien die vorliegenden Schulbücher. Mit diesem Analyseverfahren gelingt es ihr dabei, die Gestaltung der Schulbücher in Hinblick auf einzelne Kategorien zu beurteilen.

Hinsichtlich unseres Forschungsanliegens erscheint uns aber ein derartiges Vorgehen als unbefriedigend, obgleich wir unsere Analysen in ähnlicher Weise begonnen haben. Unsere Probleme mit diesen Verfahren rühren daher, dass dabei das komplexe Zusammenspiel der Schulbuchgestaltung und hier insbesondere von Inhalt und ‚Design‘ im weitesten Sinne

nicht hinreichend in den Blick gerät. Statt also Schulbücher Kategorie für Kategorie zu analysieren, sind wir dazu übergegangen, das komplexe Zusammenspiel der Schulbuchgestaltung als Ganzes hermeneutisch-interpretativ in den Blick zu nehmen. Dies geschieht, indem wir eine ‚theoretische Hintergrundfolie‘ anlegen, die u. a. Wissensbestände aus dem didaktischen Design (u. a. Niegemann et al., 2008) berücksichtigt. Darüber hinaus haben wir fachliche und fachdidaktische Wissensbestände herangezogen, die sich speziell mit dem Thema der analysierten Schulbuchseiten auseinandersetzen. Hierbei handelt es sich um das Thema ‚Bewegungsbeschreibung‘, zu dem wir die unter diesem Thema stehenden Seiten aus insgesamt 6 in Niedersachsen zugelassenen Schulbüchern für die Sekundarstufe I (Gymnasium) analysiert haben resp. noch weiter analysieren werden.

Unsere Analyse erfolgt dabei in einem mehrschrittigen Verfahren:

Bei unserer Schulbuchanalyse gehen wir zunächst deskriptiv vor und ermitteln in einem *ersten Schritt* Grunddaten zum Schulbuch. In einem *zweiten Schritt* erfolgt eine Beschreibung des gesamten Schulbuchs. Dabei stellen wir den Aufbau und Inhalt des Schulbuchs insgesamt dar und fragen beispielsweise nach schulbuchseitig ausgewiesenen besonderen Gestaltungselementen wie Zusammenfassungen, Exkursen usw. Im *dritten Schritt* erfolgt die Beschreibung der im Detail zu analysierenden Seiten zum Thema ‚Bewegungsbeschreibung‘. Hier stehen u. a. die thematisierten Inhalte und ihre Reihenfolge sowie die Verbindungen und der jeweilige Umfang im Fokus der Darstellung. Im *vierten Schritt* werden die zusammengehörigen Analyseeinheiten, bei denen es sich in der Regel um einzelne Doppelseiten handelt, zunächst näher beschrieben. Ziel dieser Deskription ist dabei eine genaue Darstellung des Aufbaus und Inhalts der Doppelseiten. Der Text wird hierbei paraphrasiert, aber möglichst nah am Original wiedergegeben. Graphiken werden detailliert beschrieben. Es schließt sich im *fünften Schritt* eine hermeneutisch-interpretative Betrachtung der Doppelseiten an, bei der nach dem strukturellen Zusammenspiel zwischen Inhalt und Gestaltung unter der Perspektive gefragt wird, inwieweit sie das Lernen der Schüler direkt oder indirekt unterstützen kann. Dabei betrachten wir zunächst, welche Wissensbestände auf der Doppelseite im Mittelpunkt stehen, und fragen dann, wie der Erwerb dieses Wissens strukturiert wird. Anschließend gehen wir zurück auf die Ebene der insgesamt analysierten Seiten und fragen im *sechsten Schritt* u. a. nach der Systematik des Aufbaus der Inhalte, nach Verweisen und ggf. vorhandenen Lücken.

Ein solches Vorgehen bei der Analyse von Schulbüchern führt dabei zu einer großen Menge an qualitativen Daten in Form von Textmaterial. Unsere Erfahrungen mit diesem Vorgehen zeigen aber auf, dass es durchaus hilfreich ist, Schulbücher und ihre Strukturierung derart präzise zu betrachten, weil dies Informationen liefert, die in Analysen, die ausschließlich kategorienbasiert vorgehen, nicht hinreichend in den Blick geraten.

Beispielerggebnisse der Analyse des Schulbuchs ‚Dorn-Bader Physik 7/8‘

Da an dieser Stelle keine umfassende Darstellung der Analyse der Schulbücher erfolgen kann, beschränken wir uns auf eine knappe Beschreibung von Analyseresultaten, die sich auf eine Doppelseite des Schulbuchs ‚Dorn-Bader Physik 7/8‘ bezieht (vgl. Bader & Oberholz, 2010, 46f).

Die Doppelseite weist eine hohe Bandbreite an thematisierten Inhalten auf, u. a. geht es um die Aufnahme von Messreihen zur Beschreibung von Bewegungen und die Dokumentation in Tabellen und *t-s*-Diagrammen, die Auswertung von Messreihen, und zwar a) tabellarisch und b) graphisch, die Kennzeichen konstant schneller Bewegungen, die Definition der physikalischen Größe ‚Geschwindigkeit‘ und die Bestimmung der Geschwindigkeit über die Steigung in *t-s*-Diagrammen. Angesichts dieser inhaltlichen Fülle stellt sich die Frage, welches Wissen die Schüler hier konkret erwerben sollen, zumal die Lernwege (Basismodelle des Lernens; vgl. Oser & Baeriswyl, 2001) nur unzureichend angelegt sind. Auch das Fehlen jedweder Aufgabe auf dieser Doppelseite stellt sich vor dem Hintergrund der Bedeutung von

Aufgaben als Indikatoren für das zu erwerbende Wissen als problematisch dar, insbesondere auch, weil über Aufgaben die kognitive Auseinandersetzung mit dem zu erwerbenden Wissen möglich wird. Zudem zeigen sich in Hinblick auf die Anordnung der Inhalte auf dieser Doppelseite einige Brüche (u. a. durchzieht die festsetzende Definition der Geschwindigkeit die Darstellung quasi von Anfang an, wird aber erst auf der zweiten Seite der Doppelseite formal geliefert), welche sich durch Umstrukturierungen beheben ließen. Daneben wird der Ansatz, über einen narrativen Zugang die Auseinandersetzung mit dem Inhalt zu entwickeln, nicht konsequent beibehalten, sodass es zu einem Wechsel der Darstellungsform auf der Doppelseite kommt.

Resümee

Unsere als kritisch-konstruktive Beiträge zu verstehenden Analysen von Schulbüchern zeigen, wie am Beispiel des ‚Dorn-Bader Physik 7/8‘ skizziert wurde, deutliche Potentiale der Weiterentwicklung von Lehrmitteln auf und machen deutlich, dass aktuelle Schulbücher wohl nur bedingt als Lernmaterialien verstanden werden können. Insbesondere eingedenk der Herausforderungen, die sich angesichts der Forderungen nach einer Kompetenzorientierung im Unterricht ergeben, erscheint es uns geboten, vermehrt über die Weiterentwicklung von Lehrmitteln und hier insbesondere über ihre Abstimmung auf zu erwerbende Kompetenzen nachzudenken. Mit Blick auf die didaktische Theoriebildung und hier insbesondere mit Blick auf Fragen der Unterrichtsplanung erscheint es uns zudem notwendig, vermehrt über die Analyse von Lehrmitteln als integraler Bestandteil der Unterrichtsplanung nachzudenken, sodass Lehrer in die Lage versetzt werden, Schulbücher kompetent einzuschätzen und ggf. zu ergänzen.

Literatur

- Bader, F. & Oberholz, H.-W. (Hrsg.). Dorn-Bader Physik. Gymnasium 7/8. Niedersachsen. Braunschweig: Schroedel
- Härtig, H., Kauertz, A. & H. E. Fischer (2012). Das Schulbuch im Physikunterricht. Nutzung von Schulbüchern zur Unterrichtsvorbereitung in Physik. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 65 (4), 197-200
- Merzyn, G. (1994). Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer. Kiel: IPN
- Mikelskis, H. F. (2006). Die Rolle des Physikbuchs beim Unterrichten und Lernen von Physik. In H. F. Mikelskis (Hrsg.), *Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen Scriptor, 197-202
- Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M. & Zobel, A. (2008). *Kompodium multimediales Lernen*. Berlin, Heidelberg: Springer
- Oelkers, J. & Reusser, K. (2008). *Qualität entwickeln – Standards sichern – mit Differenzen umgehen*. Berlin: BMBF
- Oser, F. K. & Baeriswyl, F. (2001). *Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning*. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of Research on Teaching*. 4. Aufl. New York: Macmillan, 1031-1065
- Scheller, P. (2010). *Verständlichkeit im Physikschulbuch. Kriterien und Ergebnisse einer interdisziplinären Analyse*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Stern, L. & Roseman, J. E. (2006). Improving the Alignment of Curriculum and Assessment to National Science Standards. In D. W. Sunal & E. L. Wright (Hrsg.), *The Impact of State and National Standards on K-12 Science Teaching*. Greenwich, CT: Information Age Publishing, 301-324
- Tröhler, D. & Oelkers, J. (2005). Historische Lehrmittelforschung und Steuerung des Schulsystems. In E. Matthes & C. Heinze (Hrsg.), *Das Schulbuch zwischen Lehrplan und Unterrichtspraxis*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 95-106

Didaktisch designte Lernmaterialien für den Physikunterricht

Im unserem vorangegangenen Beitrag (Schmit, Peters & Komorek, in dieser Ausgabe) haben wir die bedeutsame Rolle von Schulbüchern für das Planen und Durchführen von Unterricht durch Lehrkräfte sowie das Lernen der Schüler herausgestellt. In diesem Beitrag stellen wir eine Evaluationsstudie vor, die wir mit forschungsgeleitet konzipierten Materialien durchgeführt haben. Hierfür entfalten wir zunächst einige theoretische Überlegungen.

Zur Konzeption der Lernmaterialien

Für die Konzeption der Lernmaterialien haben wir uns an den Prinzipien des *didaktischen Designens* (Reinmann, 2012) orientiert. Nach Smith und Ragan (1992, S. 2) beschreibt der Begriff (engl.: instructional design) einen „systematischen und reflektierten Prozess der Überführung von Prinzipien des Lernens und der Instruktion in die Planung von Instruktionmaterialien, Aktivitäten [...] und der Evaluation“. Vergleichbar dem Ansatz der *konstruktiven Entwicklungsforschung* (Zech & Wellenreuther, 1992) werden hierbei verschiedene theoretische Wissensbestände mit dem Ziel integriert, didaktische Praxis zu verbessern. Für die Anlage des zyklischen Design-Prozesses liegen theoretische Modelle vor, die neben der Formulierung expliziter Zielsetzungen für die Lehrgänge und der Auswahl und Anlage angemessener Instruktionsstrategien u.a. auch die *formative und summative Evaluation* der entwickelten Ansätze betonen (u.a. Dick, 2009).

Mit Blick auf die Strukturierung und Gestaltung von Lernmaterialien haben wir ein Modell entwickelt, das den entsprechenden Handlungsschritt im allgemeinen Prozessmodell zum didaktischen Designen konkretisiert. Im Rahmen des Modells stellen wir heraus, dass der Entwicklungsprozess zum einen durch die *Voraussetzungen der jeweiligen Lerner* (u. a. Vorwissen) und zum anderen durch *explizit ausgewiesene Kompetenzen* als konkrete Zielsetzungen bestimmt wird. Für die Formulierung und Darstellung der Kompetenzen greifen wir auf ein von Schott und Azizi Ghanbari (2012) entwickeltes Darstellungsverfahren zurück, bei dem der Inhaltsaspekt einer Kompetenz über eine Aufgabenstellung und eine Aufgabenlösung und der Verhaltensaspekt über einen Operator konkretisiert wird. Mit diesem Verfahren haben wir 26 Teilkompetenzen formuliert. Aus unserer Sicht eignet sich diese Form der *präskriptiven Formulierung von Kompetenzen* besonders für ein Vorhaben im Bereich des didaktischen Designens, da sie mit Blick auf die Evaluation die Grundlage für die Erstellung eines lehrzielorientierten und damit zu den Lernmaterialien kontenvaliden Tests liefert.

Das von uns entwickelte Modell betont desweiteren, dass bei der Konzeption von Lernmaterialien verschiedene strukturelle Ebenen zu durchdenken sind (vgl. Niegemann & Treiber 1982, S. 39): *Sachstruktur, Lehrstoffstruktur, didaktische Struktur*. Eine zusammenfassende Darstellung zu den einzelnen Strukturbegriffen und ihrer Zusammenhänge ist bei Peters et al. (2011) nachzulesen.

Für die konkrete Gestaltung der Lernmaterialien greifen wir auf unterschiedliche, von uns integrierte Wissensbestände zur Anlage von *Lehrtexten, Graphiken* und *(Lern-)Aufgaben* zurück, wobei Lernaufgaben – verstanden als „selektierte und präparierte Lernobjekte“ (Seel 1994, S. 14) – die Funktion zukommt, durch aktive Auseinandersetzung mit zu lernenden Inhalten und Operationen „Lernprozesse zu initiieren und zu steuern/organisieren“ (ebd.).

Um dem Anspruch gerecht zu werden, unterschiedliche Lernvoraussetzungen der Schüler zu berücksichtigen, wurde das Lernmaterial in drei verschiedenen Varianten konzipiert. Die

drei Varianten beziehen sich dabei auf dieselben präskriptiv formulierten Kompetenzen, sind also zueinander kontenvalide. Die Unterscheidung besteht in der *Ausführlichkeit der Erklärung des Lehrstoffs* und der durch Lernaufgaben initiierten *Anregung zur Auseinandersetzung mit dem Lehrstoff*, sodass eine Variante mit einer hohen (I), eine mit einer mittleren (II) und eine mit einer niedrigen Ausprägung (III) beider Aspekte vorliegt.

Die Lernmaterialien wurden zum Thema „Beschreibung von Bewegungen“ – ursprünglich mit dem Fokus auf die Klassenstufe 7 des Gymnasiums – konzipiert, wobei der Geschwindigkeitsbegriff als *vektorielle Größe* eingeführt und explizit zwischen momentaner und durchschnittlicher Schnelligkeit unterschieden wird.

Im Folgenden werden das Design sowie die Ergebnisse einer Studie zur formativen Evaluation der Materialien vorgestellt. Für die Studie waren die beiden folgenden Fragestellungen maßgebend:

- Inwieweit unterstützen die drei Lernmaterialvarianten die Schüler beim Erwerb der präskriptiv formulierten Kompetenzen?
- Wie bewerten die Schüler die einzelnen Materialvarianten?

Design der Evaluationsstudie

Die hier näher vorzustellende Studie ist Bestandteil einer Reihe einzelner Evaluationsstudien, die von uns mit unterschiedlichen Versionen der Materialien seit April 2011 unter Laborbedingungen durchgeführt wurden (vgl. Peters et al., 2011).

Die Studie wurde mit $N = 55$ Schülern ($N_{\text{männl.}} = 33$; $N_{\text{weibl.}} = 22$) zweier Realschulklassen der Klassenstufe 8 durchgeführt. Nachdem bereits eine relativ breite Datenbasis mit insgesamt 66 Gymnasialschülern vorlag, wollten wir der Frage nachgehen, ob das Material auch für eine andere Population trägt. Zudem versprach eine Studie mit Realschülern aufgrund der Kontrastierungsmöglichkeiten die Identifikation bislang unausgeschöpfter Optimierungspotenziale in den Lernmaterialvarianten.

Im Rahmen zweier Voruntersuchungen in den beiden Klassen wurde ein Pretest zur Erhebung des physikalischen Vorwissens eingesetzt. Auf der Grundlage der Vortestergebnisse wurden aus den beiden Klassen drei leistungshomogene Gruppen gebildet. In der Hauptuntersuchung wurde in jede der so gebildeten Gruppen eine der drei Lernmaterialvarianten von den Schülern in Einzelarbeit bearbeitet. Im Anschluss wurde ein lernzielorientierter Posttest ausgegeben, der auf der Grundlage des oben beschriebenen Aufgabenbeschreibungsformats erstellt wurde. Abschließend erhielten die Schüler einen Fragebogen mit offenen und geschlossenen Fragen, der auf eine Einschätzung (Verständlichkeit, allgemeine Akzeptanz) der jeweils vorgelegten Materialvariante abzielte.

Ergebnisse

In Bezug auf die Lernwirksamkeit der einzelnen Materialvarianten als Ganzes ergibt sich das in der nachfolgenden Tabelle dargestellte Ergebnis.

	MW	SD	Median	Min.	Max.
Variante I	9.00	4.53	8	1	20
Variante II	11.05	4.60	11	4	19
Variante III	12.33	4.93	12	5	24

Angesichts von 27 zu erreichenden Punkten zeigt sich an den Mittelwerten (MW) der Posttestergebnisse, dass alle drei Lernmaterialvarianten nicht zu befriedigenden Lernergebnissen führen.

Für eine formative Evaluation mit dem Ziel, die vorliegenden Lernmaterialvarianten zu optimieren, sind jedoch weniger die Gesamtergebnisse von Bedeutung. Vielmehr stellen sich

vor diesem Hintergrund die Fragen, welche der 26 ausgewiesenen Kompetenzen nur unzureichend angebahnt werden konnten und worin konkret Probleme beim Erwerb bestanden. Zur Klärung der letzten Frage wurde eine feinmaschige, qualitative Analyse sämtlicher Antworten im Posttest vorgenommen. Zu einzelnen auf diese Weise identifizierten Aspekten wurden die entsprechenden Passagen in den Materialvarianten im Rahmen der ursprünglichen Konzeption optimiert.

Die Befragung der Schüler zu ihrer Einschätzung des Lernmaterials führte für alle drei Materialvarianten insgesamt zu positiven Ergebnissen. Die nachfolgende Tabelle zeigt ausgewählte Ergebnisse geschlossener Items des Fragebogens, die über eine vierstufige Ratingskala zu beantworten waren (4: trifft völlig zu).

Items	I		II		III	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Das Lernheft ist insgesamt gut zu verstehen.	3.61	.50	3.32	.58	3.22	.55
Die Aufgaben im Lernheft haben mir geholfen, das Thema besser zu verstehen.	2.94	.87	3,16	.69	3.33	.59
Ich konnte die Abbildungen ohne Probleme verstehen.	3.39	.61	3.58	.51	3.44	.70
Der Text war leicht verständlich geschrieben.	3.06	.64	3.16	.90	3.11	.68

Die Ergebnisse der dargestellten Studie führten neben den Überarbeitungen einzelner Passagen der Materialvarianten zu der Erkenntnis, dass in der bisherigen Konzeption notwendige Konsolidierungsphasen mit Blick auf einzelne Kompetenzen fehlen. Aus diesem Grund haben wir ein die Lernmaterialien begleitendes Übungsheft entwickelt. Die überarbeiteten Materialvarianten sowie das Übungsheft werden zum Abschluss des Projektes erneut evaluiert.

Literatur

- Dick, W. (1997). A Model for the Systematic Design of Instruction. In R. D. Tennyson, F. Schott, N. Seel & S. Dijkstra (Hrsg.), *Instructional Design. International Perspectives. Volume 1: Theory, Research, and Models*. Mahwah: Erlbaum
- Niegemann, H. M. & Treiber, B. (1982). Lehrstoffstrukturen, Kognitive Strukturen, Didaktische Strukturen. In B. Treiber & F. E. Weinert (Hrsg.), *Lehr-Lern-Forschung. Ein Überblick in Einzeldarstellungen*. München [u.a.]: Urban & Schwarzenberg, 37-65
- Peters, S.; Schmit, S. & Komorek, M. (2012). Physiklernen mit unterschiedlich strukturierten Materialien. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: LIT - Verlag, 71-73
- Reinmann, G. (2011). *Studientext Didaktisches Design*. Universität der Bundeswehr München.
URL: <http://lernen-unibw.de/studentexte>.
- Smith, P. L. & Ragan, T. J. (1999). *Instructional Design*. 2. Aufl. New York [u.a.]: Wiley
- Schott, F. & Azizi Ghanbari, S. (2012). *Bildungsstandards, Kompetenzdiagnostik und kompetenzorientierter Unterricht zur Qualitätssicherung des Bildungswesens: eine problemorientierte Einführung in die theoretischen Grundlagen*. Münster [u.a.]: Waxmann
- Seel, N. (1994). *Lernaufgaben und Lernprozesse*. Stuttgart [u.a.]: Kohlhammer
- Zech, F. & Wellenreuther, M. (1992). Konstruktive Entwicklungsforschung: Eine zentrale Aufgabe der Mathematikdidaktik. *Journal für Mathematikdidaktik* 13 (2/3), 143-198

Akzeptanzbefragung zu Optikunterrichtsmaterialien

Motivation & Fragestellung

Der Bereich der geometrischen Optik zählt zu einem der am intensivsten beforschten im Bereich der Schülervorstellungen (vgl. Duit, 2009). Eine lernwirksame Umsetzung dieser Forschungsergebnisse in der österreichischen Schulpraxis bleibt unserer Erfahrung nach jedoch weitgehend aus (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2012). Grund dafür sind u.a. Schulbücher und Lernmaterialien, die selten Erkenntnisse didaktischer Forschung berücksichtigen. Der Bedarf an empirisch evaluierten Unterrichtsgängen und Schülermaterialien scheint daher gegeben zu sein und kann u. E. einen Teilbeitrag zur Schließung dieser Lücke leisten.

Als Grundlage für die Entwicklung von Schülermaterialien zur geometrischen Optik wurde die im Lehrgang von Wiesner (Wiesner, Engelhardt & Herdt, 1995) verwendete und in der Kontrollgruppenuntersuchung von Herdt (Herdt, 1990) als lernwirksam nachgewiesene Sachstruktur übernommen und an die Rahmenbedingungen des österreichischen Schulsystems (Curriculum, zeitlicher Interventionsrahmen etc.) angepasst. Im Sinne des Design-Based Research (Wilhelm, Tobias, Waltner, Hopf & Wiesner, 2012) werden nun die Umsetzungen einzelner Schlüsselkonzepte der geometrischen Optik in Schülermaterialien sukzessive mittels Akzeptanzbefragungen (Wiesner & Wodzinski, 1996) evaluiert und basierend auf diesen Ergebnissen weiterentwickelt. Im folgenden Beitrag wird dabei auf die Umsetzung der physikalischen Sehvorstellung Bezug genommen. Diese wurde in verschiedenen Untersuchungen als relevantes Basiskonzept für die Qualität weiterer Lernverläufe (z.B. Körperfarben, Bildentstehung) identifiziert und bildet auch den sachstrukturellen Ausgang des genannten Lehrgangs.

Forschungsfragen & methodisches Vorgehen

Ausgehend von der globalen Forschungsfrage: „Unterstützen die im Schülermaterial gewählten Instruktionselemente Lernprozesse im Bereich der geometrischen Optik?“ lassen sich eine Reihe von Teilforschungsfragen ableiten, die sich auf die inhaltliche und physikalisch-begriffliche Konzeption einzelner Instruktionselemente sowie deren sachstrukturelle Abfolge beziehen. Im vorgestellten Beitrag steht die Wirkung der gewählten Instruktionselemente auf das Verständnis des physikalischen Sehvorgangs im Fokus. Dazu wurde u. a. untersucht, auf welche Konzepte die Schülerinnen und Schüler in einzelnen Instruktionsphasen zurückgreifen, um die optischen Phänomene, mit denen sie konfrontiert werden, zu erklären.

Zur Beantwortung dieser Teilforschungsfrage wurde auf die Methode der Akzeptanzbefragung (Jung, 1992) zurückgegriffen. Hierbei handelt es sich um Mikrolehrsitzungen, in denen in einer genau festgelegten Abfolge von Befragungsphasen lernförderliche und lernhinderliche Instruktionsbausteine ermittelt werden. Der Mehrwert dieser Methode gegenüber konventionellen problemzentrierten Interviews etwa liegt in der Reduktion von zeitlich nicht stabilen ad-hoc Konstrukten, die durch den Interviewenden häufig „herausgefragt werden“. In der Akzeptanzbefragung wird ein anderer Weg eingeschlagen, in dem den Probanden im ersten Schritt ein Informationsangebot (z.B. Erklärungsangebot, Versuch, usw.) über das zu adressierende Konzept vorgelegt wird. In den weiteren Schritten müssen die Probanden die Akzeptanz bzw. Plausibilität dieses Informationsangebots bewerten, es

paraphrasieren und schließlich auf andere konkrete Beispiele anwenden bzw. verallgemeinern.

Im konkreten Fall wurde das in Instruktionselemente umgesetzte Kapitel zur physikalischen Sehvorgangsvorstellung acht Schülerinnen und Schülern der 8. Schulstufe vorgelegt, die noch keinen Optikunterricht hatten. Die Akzeptanzbefragungen wurden mit jeweils einem Schülerpaar durchgeführt. Die Dauer der Befragungen betrug im Schnitt 115 Minuten, wobei nur der erste Befragungsteil auf die Sender-Empfänger-Vorstellung fokussierte.

Dabei wurden den Schülerpaaren Lernangebote für Teilaspekte des als Sender-Empfänger-Vorstellung elementarisierten Sehvorgangs in Form von Erklärungen und Versuchen unterbreitet. Diese werden im Folgenden genannt:

- Erhebung des Ausgangskonzepts zum Sehvorgang
- Erklärung zum Sehen selbstleuchtender Körper
- Versuch zum Sehen selbstleuchtender Körper mit Lochkamera
- Transfer / Verallgemeinerung zum Sehen selbstleuchtender Körper
- Erklärung zum Sehen beleuchteter Körper
- Versuch zum Sehen beleuchteter Körper mit Lochkamera
- Transfer / Verallgemeinerung zum Sehen selbstleuchtender Körper
- Überprüfung des Endkonzepts zum Sehvorgang

Nach jedem Informationsangebot wurden die Schülerinnen und Schüler aufgefordert die Plausibilität des Informationsangebots für das Verstehen des Sehvorgangs zu bewerten, das Informationsangebot in eigenen Worten wiederzugeben und/oder die erhaltene Information auf ein neues Beispiel zu übertragen bzw. zu verallgemeinern.

Analyse & Ergebnisse

Die Akzeptanzbefragungen wurden mittels strukturierender Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) kategorienbasiert analysiert und ausgewertet. Das Kategoriensystem wurde an das von Blumör (1993) verwendete angelehnt. Die Interraterübereinstimmung der beiden Kodierer lag bei $r_H=0.79$.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass am Beginn der Befragung keiner der Probanden eine physikalisch adäquate Vorstellung vom Sehvorgang aufwies. Am weitesten verbreitet war unter den Schülerinnen und Schülern die Beleuchtungsvorstellung (5/8) gefolgt von der Streuvorstellung (3/8). Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Sehen und dem Auge als Lichtempfänger wurde nicht geäußert. Die zum Sehen von selbstleuchtenden Körpern angebotenen Erklärungen wurden von allen Befragten als verständlich und plausibel akzeptiert. Der zur Unterstützung des Informationsangebotes eingesetzte Versuch mit der Lochkamera als Nachweisgerät für Lichtempfang wurde hingegen von den meisten Befragten (6/8) abgelehnt.

Die gesetzten Erklärungsangebote zum Sehen von beleuchteten Körpern wurden nicht von allen Schülerinnen und Schülern als plausibel akzeptiert. Ein Proband hatte beispielsweise Schwierigkeiten mit der Vorstellung, dass von Körpern gestreutes Licht direkt ins Auge gelangen muss, während ein anderer Proband die Vorstellung negierte, dass ein nicht selbstleuchtender Körper grundsätzlich in der Lage ist, Licht abzustrahlen bzw. weiterzusenden. Der Einsatz der Lochkamera als Nachweisgerät für Lichtempfang wurde an dieser Stelle des Lernpfades von den Schülerinnen und Schülern akzeptiert und als hilfreich empfunden.

In der abschließenden Überprüfung des Endkonzepts zum Sehvorgang argumentierte der Großteil der Befragten (6/8) im Rahmen der Sender-Empfänger-Vorstellung. Die restlichen

Probanden argumentierten in einer Common-Sense Vorstellung, die erst bei gezielter Nachfrage um den Streu- bzw. Empfängeraspekt erweitert wurde.

Schlussfolgerungen

Die gewählten Informationsangebote bewirkten bei allen Probanden eine Abfolge von Änderungen hin zu physikalischeren Vorstellungen zum Sehvorgang. Während die gesetzten Informationsangebote grundsätzlich als akzeptabel und plausibel bewertet wurden, führte der erstmalige Einsatz der Lochkamera bei einem Großteil der Probanden zur Ablehnung. Die Analyse der Daten gibt hier Anlass zur Vermutung, dass die Einführung der Lochkamera an dieser Stelle zur massiven Erhöhung des Cognitive Loads führt.

Auffallend ist des Weiteren, dass die Argumentation der Schülerinnen und Schüler in hohem Maße von der Art der Aufgabenstellung abzuhängen scheint. Wird die Analyse eines optischen Phänomens nicht explizit in Zusammenhang mit einem Beobachter gefordert, so fehlt der Empfänger-Aspekt des Sehvorgangs häufig in der Argumentationsstruktur der Schülerinnen und Schüler. Dies gibt Hinweis auf die Relevanz der expliziten Inklusion des Empfängers in Aufgabenstellungen und Instruktionstexten.

Literatur

- Blumör, R. (1993). Schülerverständnisse und Lernprozesse in der elementaren Optik. Ein Beitrag zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule, Magdeburg: Westarp-Wissenschaftsverlag
- Duit, R. (2009). Bibliography—STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education. Retrieved October 20, 2009
- Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2012). Standardization in Physics – First Steps in the Austrian Educational System. ESERA Conference 2011. In C. Bruguère (Hrsg.), ESERA Conference 2011 - Science Learning and Citizenship
- Herdt, D. (1990). Einführung in die elementare Optik. Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs. Essen: Westarp-Wissenschaftsverlag
- Jung, W. (1992). Probing acceptance, a technique for investigating learning difficulties. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Hrsg.), Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Kiel: IPN,
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, Weinheim: Beltz
- Wiesner, H., Engelhardt, P. & Herdt D. (1995). Unterricht Physik, Optik I. Lichtquellen, Reflexion, Köln: Aulis Verlag Deubner & Co
- Wiesner, H. & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragung als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hrsg.), Lernen in den Naturwissenschaften. Kiel: IPN, 250-274
- Wilhelm, T., Tobias, V., Waltner, C., Hopf, M. & Wiesner, H. (2012). Design-Based Research am Beispiel der zweidimensional-dynamischen Mechanik. In S. Bernholt (Hrsg.), GDCP Jahrestagung Oldenburg 2011. Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Münster: LIT Verlag

N.E.T.: New Media Experimental Tools – Theoretischer Hintergrund, Beispiele und erste Erkenntnisse zum Experimentieren mit Smartphones & Co.

Einleitung

Der Beitrag diskutiert mit dem Projekt N.E.T. (New Media Experimental Tools) den Einsatz von Smartphones als Experimentiermittel im Physikunterricht – ein Thema, das bisher im Bereich physikdidaktischer Forschung noch wenig Beachtung gefunden hat. Verschiedene konzeptionelle Beispiele wurden in dieser Hinsicht an verschiedenen Stellen bereits vorgestellt (Falcão et al., 2009; Hammond & Assefa, 2007; Kuhn & Vogt, 2012a; 2012b; 2012c; 2013a; 2013b; Kuhn, Vogt & Müller, 2011; Schwarz, Vogt & Kuhn, 2012; Van Domelen, 2007; Villa, 2009; Vogt & Kuhn, 2012a; 2012b; 2012c; Vogt, Kuhn & Gareis, 2011; Vogt, Kuhn & Finkler, 2013). Allerdings gibt es noch keine Untersuchungsergebnisse zu der Lernwirkung beim Einsatz dieser Medien. Theoretisch ist dieses Projekt „Neue Medien als Experimentiermittel“ in der Rahmentheorie des Situiereten Lernens zu verorten. Ausgangspunkt hierbei ist die Annahme, dass neben einer thematischen Authentizität auch die Authentizität der experimentell verwendeten Medien selbst eine positive Lernwirkung im Physikunterricht mit sich bringt, also eine materiale Situierung (Kuhn et al., 2011; Kuhn & Vogt, 2013a). Konkret bedeutet diese Vermutung, dass der kognitive und motivationale Lernerfolg von Lernenden beim Experimentieren im Physikunterricht größer ist, wenn sie einen physikalischen Sachverhalt mit Experimentiergeräten (insbes. mit „neuen (Alltags-)Medien“ wie Smartphones) untersuchen, die sie in ihrem Alltag evtl. zu anderen Zwecken verwenden (Kuhn & Vogt, 2013a). In diesem Beitrag wird eine erste Pilotstudie im Themenbereich Akustik vorgestellt. Berichtet werden neben Material und Methode der Interventionsstudie überblicksartig auch erste Ergebnisse.

Interventionsstudie: Untersuchungsdesign und Material

Die Pilotstudie wurde in zwei rheinland-pfälzischen Realschulklassen der Klassenstufe 10 durchgeführt ($N_{\text{ges}} = 58$; $N_{\text{EG}}=28$; $N_{\text{KG}}=30$; 48% weiblich; 52% männlich), die von der gleichen Lehrkraft unterrichtet wurden. Es handelte sich dabei um ein quasiexperimentelles Kontroll-Versuchsgruppen-Design als Längsschnittuntersuchung (Messwiederholung; Prä-Post-Follow up), das im alltäglichen Physikunterricht durchgeführt wurde. Das Studiendesign ist in Tab. 1 dargestellt:

Wochen	U.-Std	EXPERIMENTALGRUPPE	KONTROLLGRUPPE
1	1	Prätests:	
	2	Motivationstest, Leistungstest, allg. Intelligenz, Lesekompetenz	
2	3	Instruktionsphase: Instruktionsmaterial (Experimentieraufgaben) zum Thema „Schwingungen und Wellen“ mit „neuen (Alltags-)Medien“ als Experimentiermittel	Instruktionsphase: Instruktionsmaterial (Experimentieraufgaben) zum Thema „Schwingungen und Wellen“ mit konventionellen Experimentiermaterial von Lehrmittelherstellern
	4		
3	5	<ul style="list-style-type: none"> – Schallarten (Ton, Klang, Knall, Geräusch) – Akustische Schwebung – Bestimmung der Schallgeschwindigkeit – Schallausbreitung 	
	6		
4	7	Posttest:	
	8	Motivationstest, Leistungstest	
5..8		<i>herkömmlicher Physikunterricht</i>	
9	9	Nach-Test (follow up):	
	10	Motivationstest, Leistungstest	

Tab. 1: Untersuchungsdesign der Pilotstudie im Themenbereich Akustik.

Nach Erhebung der Prätests zur Motivation (s. Kuhn, 2010; Kuhn & Vogt, 2013a) und der Leistungsfähigkeit (Multiple Choice zum Thema Akustik) folgte die Instruktionsphase im Umfang von vier Unterrichtsstunden. Innerhalb des Themenbereichs „Akustik“ arbeiteten die Lernenden dabei in beiden Gruppen in Form eines Lernens an Stationen an folgenden Experimentierstationen: „Untersuchungen von Schallarten“ (Kuhn & Vogt, 2013b), „Akustische Schwebung“ (s. Abb. 1), „Bestimmung der Schallausbreitung“ (Vogt & Kuhn, 2012b) und „Schallausbreitung“.




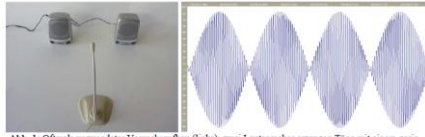

Experimentalgruppe (EG)	Kontrollgruppe (KG)
<p style="text-align: center;">Die akustische Schwebung</p> <p>Eine spezielle Form der Überlagerung von Schallwellen ist die akustische Schwebung. Sie entsteht immer dann, wenn sich mindestens zwei Schwingungen mit geringem Frequenzunterschied überlagern. Der entstehende Höreindruck entspricht einem Ton, dessen Lautstärke (Amplitude) schwankt (Abb. 1).</p>  <p>Abb. 1: Oftmals verwendeter Versuchsaufbau (links); zwei Lautsprecher erzeugen Töne mit einem geringen Frequenzabstand; das Oszillogramm (rechts) zeigt, dass die Amplitude und somit die Lautstärke des entstehenden Tons schwankt</p> <p>Die Anzahl der Lautstärkeänderungen pro Sekunde bezeichnet man als Schwebungsfrequenz f_s, welche von den Ausgangsfrequenzen f_1 und f_2 abhängt.</p> <p>Versuchsdurchführung Zur Untersuchung der Schwebungsfrequenz kommen zwei iPods zum Einsatz. Beide iPods erzeugen einen Ton konstanter Frequenz, wobei sich die Frequenzen geringfügig unterscheiden. Liegen die beiden iPods nahe beieinander, so nimmt man eine akustische Schwebung wahr (Abb. 2).</p>  <p>Abb. 2: Zwei nebeneinander liegende iPods, welche Töne mit einem geringen Frequenzunterschied erzeugen, rufen eine akustische Schwebung hervor.</p> <p>Zur Erzeugung der Töne nutzt man die Funktion „Sig Gen“ der App „AudioKit“ (Abb. 4). Hierzu stellt ihr die gewünschte Frequenz ein und wählt die Signalform „Sin“. Die Lautstärke lässt sich mit dem Schieberegler anpassen.</p>  <p>Abb. 3: Die App „AudioKit“ findet ihr in dem Ordner „Physik“.</p> <p>Abb. 4: Mit der Funktion „Sig Gen“ der App „AudioKit“ lassen sich Töne bestimmter Frequenz erzeugen</p> <p>Zur Untersuchung der Schwebungsfrequenz (Anzahl der Lautstärkeänderungen pro Sekunde) stellt man die Tonfrequenz bei einem iPod auf 1000 Hz ein. Die Tonfrequenz des anderen iPods wird variiert (1005 Hz, 1010 Hz, 1015 Hz, 1020 Hz, 1025 Hz).</p>	<p style="text-align: center;">Die akustische Schwebung</p> <p>Eine spezielle Form der Überlagerung von Schallwellen ist die akustische Schwebung. Sie entsteht immer dann, wenn sich mindestens zwei Schwingungen mit geringem Frequenzunterschied überlagern. Der entstehende Höreindruck entspricht einem Ton, dessen Lautstärke (Amplitude) schwankt (Abb. 1).</p>  <p>Abb. 1: Oftmals verwendeter Versuchsaufbau (links); zwei Lautsprecher erzeugen Töne mit einem geringen Frequenzabstand; das Oszillogramm (rechts) zeigt, dass die Amplitude und somit die Lautstärke des entstehenden Tons schwankt</p> <p>Die Anzahl der Lautstärkeänderungen pro Sekunde bezeichnet man als Schwebungsfrequenz f_s, welche von den Ausgangsfrequenzen f_1 und f_2 abhängt.</p> <p>Versuchsdurchführung Zur Untersuchung der Schwebungsfrequenz kommen zwei Stimmgabeln zum Einsatz, wobei eine der beiden Stimmgabeln durch ein angehängtes Massestück absichtlich verstimmt wird (Abb. 2). Dadurch entsteht ein geringer Frequenzunterschied und es kommt zu einer akustischen Schwebung.</p> <p>Die Stimmgabel ist umso stärker verstimmt, je höher das Massestück an dem Zinken der Stimmgabel angebracht wird.</p>  <p>Abb. 2: Zwei angeschlagene, nebeneinander stehende Stimmgabeln erzeugen eine akustische Schwebung, wenn eine der Stimmgabeln durch ein angehängtes Massestück geringfügig verstimmt ist.</p> <p>Zur Untersuchung der Schwebungsfrequenz (Anzahl der Lautstärkeänderungen pro Sekunde) beobachtet man den sich ergebenden Höreindruck für verschiedene Positionen des Massestücks.</p>
<p>Aufgabe 1: Führt das Experiment entsprechend der Versuchsbeschreibung durch und schreibt ein Versuchsprotokoll nach folgender Gliederung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Untersuchungsgegenstand (Zielsetzung)</i> • <i>Versuchsdurchführung (Geräteleiste, genaues Vorgehen, Skizze)</i> • <i>Beobachtung (Messergebnisse)</i> • <i>Auswertung</i> <p>Formuliert euer Ergebnis als Je-desto-Satz der Form: Je größer der Frequenzunterschied, desto ... ändert sich die Lautstärke pro Sekunde. Könnt ihr euer Ergebnis noch präziser formulieren?</p> <p>Aufgabe 2: Heute stimmt man Musikinstrumente üblicherweise mit elektronischen Stimngeräten. Früher kamen hierzu Stimmgabeln zum Einsatz, die einen Ton bekannter Frequenz erzeugten (i. d. R. ein eingestrichenes a, was einer Frequenz von 440 Hz entspricht). Das Phänomen der akustischen Schwebung spielte beim Stimmen der Musikinstrumente mittels Stimmgabel eine entscheidende Rolle. Könnt ihr dies erläutern?</p>	

Abb. 1: Instruktionsmaterial in Experimental- und Kontrollgruppe (Aufgabenstellungen für beide Gruppen gleich).

Dabei war das Instruktionsmaterial in der Experimental- und Kontrollgruppe vollständig inhaltsgleich, der einzige Unterschied bestand in dem Experimentiermaterial: Während die Lernenden in der Kontrollgruppe (KG) die Experimente mit klassischen Geräten der Lehrmittelhersteller durchführten, arbeiteten die Schülerinnen und Schüler in der Experimentalgruppe (EG) stattdessen mit Smartphones (hier: iPod touch®).

Methoden und Ergebnisüberblick

Die abhängigen Variablen dieser Studie sind Motivation und Leistungsfähigkeit im Fach Physik, während Lerngruppenzugehörigkeit (d. h. EG vs. KG) und Geschlecht der Lernenden als unabhängige Variablen fungieren. Als Kontrollvariablen wurden allgemeine Intelligenz, Lesekompetenz und Vorwissen im Fach Physik sowie die Zeugnisnoten in den Fächern Mathematik und Deutsch erhoben. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchung sind (ANCOVA mit Messwiederholung):

- Der Einsatz von Smartphones als Experimentiermittel führt zu einer deutlichen Leistungssteigerung verglichen mit der Verwendung traditioneller Experimentiermittel ($F(2, 62) = 5.78$; $p < 0.01$; part. $\eta^2 = 0.157$).
- Eine signifikante Beeinflussung der Motivation konnte nicht diagnostiziert werden.
- Bis auf die Beeinflussung der Motivation durch die Physikvornote und die Leistungsfähigkeit durch die Mathematiknote wurden keine der abhängigen Variablen von anderen Kofaktoren oder unabhängigen Variablen beeinflusst.

Literatur

- Domelen, D. van (2007). Teaching light polarization with cell phones. *Phys. Teach.*, 45, 469
- Falcão, E. G. Jr., Gomes, R. A., Pereira, J. M., Coelho L. F. S. & Santos, A. C. F. (2009). Cellular phones helping to get a clearer picture of kinematics. *Phys. Teach.*, 47, 167-168
- Hammond, E.C. & Assefa, M. (2007). Cell phones in the classroom. *Phys. Teach.*, 45, 312
- 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 Verlag
- Kuhn, J. & Vogt, P. (2012a). Analyzing Diffraction Phenomena of Infrared Remote Controls. *Phys. Teach.*, 50, 118-119
- Kuhn, J. & Vogt, P. (Hrsg.). (2012b). iPhysicsLabs. *Phys. Teach.*, 50ff. [Column started on February 2012]
- Kuhn, J. & Vogt, P. (2012c). Analyzing spring pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor. *Phys. Teach.*, 50, 504-505
- Kuhn, J. & Vogt, P. (2013a). Smartphones as experimental tools: Different methods to determine the gravitational acceleration in classroom physics by using everyday devices. *European Journal of Physics Education*, 4 (1), 16-27
- Kuhn, J. & Vogt, P. (2013b). Analyzing Acoustic Phenomena with a Smartphone Microphone. *Phys. Teach.*, 51, paper accepted
- Kuhn, J., Vogt, P. & Müller, S. (2011). Handys und Smartphones - Einsatzmöglichkeiten und Beispieleexperimente im Physikunterricht. *PdN-PhiS*, 7 (60), 5-11
- Schwarz, O., Vogt, P. & Kuhn, J. (2012). Acoustic measurements of bouncing balls and the determination of gravitational acceleration. *Phys. Teach.*, 51, paper accepted
- Villa, C. (2007). Bell-Jar Demonstration Using Cell Phones. *Phys. Teach.*, 47, 59
- Vogt, P. & Kuhn, J. (2012a). Analyzing the Free-Fall Phenomenon with a Smartphone Acceleration Sensor. *Phys. Teach.*, 50, 182-183
- Vogt, P. & Kuhn, J. (2012b). Determining the Speed of Sound with a Two-Ear Headphone. *Phys. Teach.*, 50, 308-309
- Vogt, P. & Kuhn, J. (2012c). Analyzing Pendulum Phenomena with a Smartphone Acceleration Sensor. *Phys. Teach.*, 50, 439-440
- Vogt, P., Kuhn, J. & Gareis, S. (2011). Beschleunigungssensoren von Smartphones - Möglichkeiten und Beispieleexperimente zum Einsatz im Physikunterricht. *PdN-PhiS*, 7 (60), 15-22
- Vogt, P., Kuhn, J. & Müller, S. (2011). Experiments Using Cell Phones in Physics Classroom Education: The Computer Aided g-Determination. *Phys. Teach.*, 49, 383-384

Experimente mit Smartphones und externen Sensoren

Einleitung

Mit Hilfe der in Smartphones verbauten Sensoren (insb. Mikrofon, Beschleunigungssensoren, Feldstärkesensoren, GPS-Empfänger und CCD-Chip) können zahlreiche quantitative Schulversuche durchgeführt werden (Kuhn & Vogt, 2013). Das Experimentiermittel „Smartphone“ bietet gegenüber einem Computermesswerterfassungssystem eines Lehrmittelherstellers insb. drei Vorteile: a) Smartphones besitzen eine hohe Authentizität und die Schülerinnen und Schüler sind mit den Geräten i. d. R. vertraut; b) durch die intuitive Bedienbarkeit der Apps ist die Durchführung und Auswertung von Smartphone-Experimenten einfacher als bei inhaltsgleichen computergestützten Experimenten, wodurch eine stärkere Fokussierung auf die physikalischen Inhalte möglich ist; c) hohe Mobilität des Messgeräts. Da die Einsatzmöglichkeiten der internen Sensoren vorwiegend im Bereich der Mechanik liegen, scheint die Entwicklung externer Sensoren notwendig. Verschiedene Lehrmittelhersteller bieten bereits solche Sensoren an (z. B. PASCO), allerdings zu hohen Preisen und u. E. technisch noch nicht zufriedenstellend ausgereift. In diesem Beitrag wird deshalb vorgestellt, wie auf Low-Cost-Basis externe Sensoren für die Temperatur- und Beleuchtungsstärkemessung aufgebaut werden können.

Die App „Temperature“

Forinash und Wisman stellen mit der App „Temperature“ eine Möglichkeit bereit, Temperaturen mittels iPhone®/iPod touch® und einem einfach aufzubauenden Low-Cost-Sensor experimentell zu bestimmen. Die App benötigt hierzu eine Grundschialtung (Forinash & Wisman, 2012), deren Aufbau in Abb. 2 dargestellt ist. Als Eingangssignal verwendet die App „Temperature“ dabei eine Wechselspannung ($f = 199 \text{ Hz}$). Zur Kalibrierung einer Fixpunkttemperatur dienen die Lautstärkeregelungen am Smartphone, bei der lediglich die Amplitude des Signals verändert wird. Die App ist kostenfrei im iTunes App-Store® erhältlich (Indiana University, 2011).

Die Grundschialtung

Die Grundschialtung besteht aus einem kapazitiv belasteten Spannungsteiler und einem veränderbaren Widerstand. Der Tiefpass in dieser Grundschialtung dient dazu, die Gleichspannungsanteile des verwendeten Signals herauszufiltern, da der Kopfhörereingang des Smartphones nicht dafür geeignet ist. Diese Grundschialtung wird mittels eines 4-poligen 3,5 mm Klinkensteckers mit dem Gerät verbunden. Hierzu muss jedoch beachtet werden, dass sich die Belegung der Klinkenstecker bei Geräten der Marke Apple® von der herkömmlichen Belegung eines 4-poligen Klinkensteckers unterscheidet. Die Werte der verwendeten Bauteile sind auf die App abgestimmt und wie in Abb. 2 dargestellt in den Klinkenstecker verbaut.

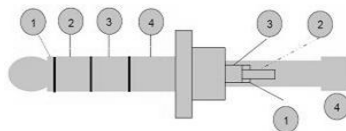


Abb. 12: Klinkensteckerbelegung bei Geräten der Marke Apple® (1 Kopfhörerausgang, 2 nicht benötigt, 3 Masse, 4 Mikrofoneingang)

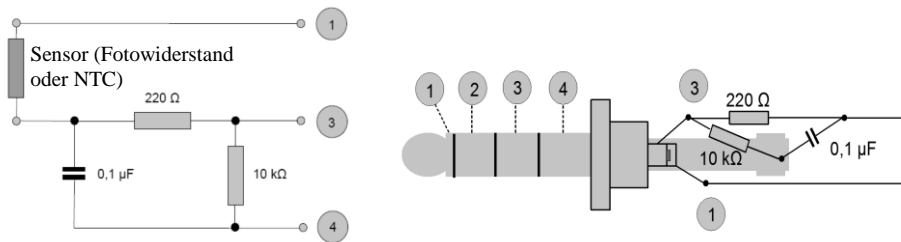


Abb. 2: Schaltplan der Grundschialtung (links) sowie schematische Darstellung des Klinkensteckers mit kapazitiv belastetem Spannungsteiler (rechts)

Die Grundschialtung wird entweder auf einer im Kabel angebrachten Platine oder direkt im Stecker verlötet (Abb. 3). Als Kabel eignet sich ein abgeschirmtes Mikrofonkabel, das mit einem Kupfergeflecht abgeschirmt ist. Der Platinaufbau ist die stabilere Variante und unempfindlicher gegen Kurzschlüsse.

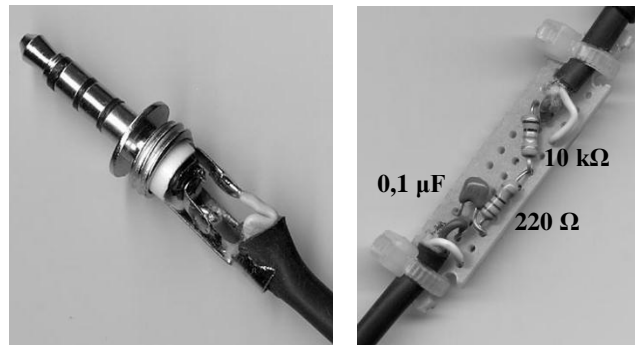


Abb. 3: Realisierung der Grundschialtung

Die Anschlüsse der Widerstände und des Kondensators werden in der Schaltung als Leitungen verwendet. Mittels Kabelbinder wird die Platine am Kabel befestigt und mit einem Schrumpfschlauch zum Schutz überzogen. Beim Anbringen der veränderbaren Widerstände (z. B. NTC oder Fotowiderstand) ist darauf zu achten, dass diese möglichst stabil verlötet und isoliert sind. Der NTC-Widerstand wird außerdem mit einem Epoxid-Kleber ummantelt, um ihn zum einen gegen Kurzschlüsse zu schützen und zum anderen die Wärmeleitfähigkeit zu verbessern. Je nach Lötfertigkeit benötigt die Herstellung des Sensors ca. 75 min und kann beispielsweise auch von Schülerinnen und Schülern im Rahmen des Technikunterrichts selbst aufgebaut werden.

Helligkeitssensor und Einsatz im Physikunterricht

Zur Messung der Helligkeit wird statt eines NTCs ein Fotowiderstand in die Schaltung eingebaut. Mit diesem Sensor können bereits geringe Intensitätsunterschiede registriert werden. Bei hohen Intensitäten befindet sich der Fotowiderstand jedoch rasch im Sättigungsbereich. Anwendung kann dieser Sensor beispielsweise beim Versuch zur Beugung am Gitter finden, um eine Intensitätsverteilung aufzunehmen und die Lage der Beugungsmaxima zu ermitteln (Abb. 4). Bei diesem Versuch wird der Helligkeitssensor durch das Beugungsbild bewegt und mit der Aufnahmefunktion der App „Temperature“ die Helligkeit gemessen. Eine solche Intensitätsverteilung kann entweder dynamisch (Bewegung des Sensors mit konstanter Geschwindigkeit mittels Motor/per Hand) oder statisch (schritt-

weise Verschiebung des Sensors) aufgenommen werden. Beispielmessungen sind für beide Methoden in Abb. 5 dargestellt (Finkler, 2012). Es zeigt sich, dass sich die Wellenlänge des Lasers mit einem Fehler von ± 9 nm bestimmen lässt.

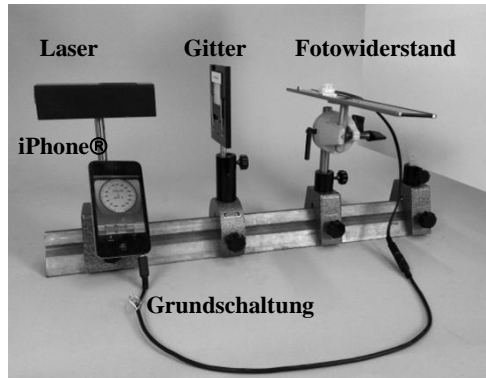


Abb. 4: Beugung am Gitter, Versuchsaufbau zur Aufnahme des Intensitätsverlaufs

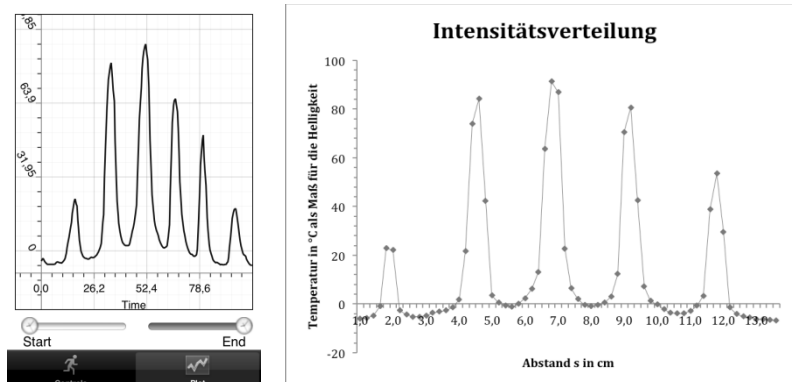


Abb. 5: Intensitätsverteilung bei der dynamischen Messung per Hand (links, Screenshot der Appoberfläche) und der statischen Messung (rechts, Excelldiagramm)

Fazit und Ausblick

Die Messungen mit dem Helligkeitssensor liefern trotz Trägheit des Fotowiderstandes sehr gute Ergebnisse. Der Temperatursensor, dessen Ergebnisse hier nicht vorgestellt wurden, liefert bei Messungen im Bereich von -15 °C bis $+50$ °C ähnlich gute Ergebnisse.

Ziel ist es nun, die bestehenden Sensoren weiterzuentwickeln und zu verbessern. Ebenfalls sollen weitere externe Sensoren entwickelt werden, um möglichst viele Bereiche der Schulphysik abzudecken. Ein besonderes Augenmerk liegt hier im Bereich der Elektrizitätslehre, Stichwort „Strom- und Spannungsmessung“.

Literatur

- Finkler, A. (2012). Smartphones als Mess- und Experimentiermittel: Entwicklung und Erprobung externer Low-Cost Sensoren. Nicht veröffentlichte Masterarbeit der TU Kaiserslautern
- Forinash, K. & Wisman, R. F. (2012). Smartphones-Experiments with an External Thermistor Circuit. The Physics Teacher, 50, 503-504
- Indiana University (2011). App Store - Mobile Science - Temperature. Abgerufen am 12. Juli 2012 von <http://itunes.apple.com/us/app/mobile-science-temperature/id467423322>

Experimente zur Videoanalyse mit dem Tablet-PC

Einleitung

Der Tablet-PC und seine verkleinerte Variante, das Smartphone, sind in der heutigen Zeit als alltäglicher Gebrauchsgegenstand und Bürokommunikationsmittel akzeptiert. Das macht sie zu Lernmedien mit hoher Authentizität und starkem Berufs- und Lebensweltbezug. Darüber hinaus hat der Tablet-PC einen sehr hohen Aufforderungscharakter: Gibt man ihn SuS in die Hand, kann man beobachten, dass Sie schnell damit aktiv werden. Aufgabe der Lehrkraft muss also sein, die Aktivität in eine zielgerichtete Bahn zu lenken.

Tablet-PCs im Inquiry- Cycle

Inquiry-based-Learning bzw. forschendes Lernen greift auf Ideen von John Dewey (Dewey, 1916) zurück, welcher sagt, dass Lernen auf Erfahrung aufgebaut sein muss:

„In determining the place of thinking in experience we first noted that experience involves a connection of doing or trying with something which is undergone in consequence. A separation of the active doing phase from the passive undergoing phase destroys the vital meaning of an experience. Thinking is the accurate and deliberate instituting of connections between what is done and its consequences.“

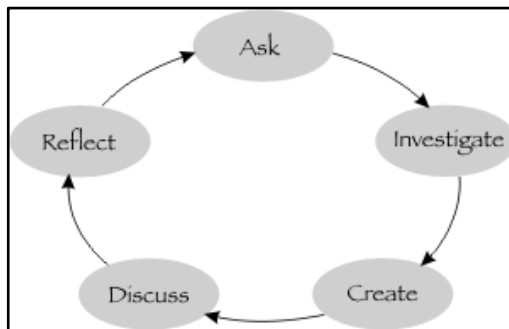


Abb. 1: Inquiry- Cycle (Bishop & Bruce, 2002)

Ebenso sagt Dewey, dass Aufgaben in für Schüler authentischen Kontexten gestellt werden müssen. In diesen Kontexten sollen Schüler selbst Probleme und Fragen generieren, Informationen sammeln und Lösungsvorschläge erarbeiten. Anschließend soll es den Schülern möglich sein, Ihre Hypothesen in der Praxis zu verifizieren bzw. widerlegen. Aufbauend auf Deweys Forschungen und ebenso beeinflusst durch Entwicklungspsychologen wie Piaget und Vygostky hat sich

Inquiry-based-Learning entwickelt und wird durch den in Abbildung 1 dargestellten Inquiry-Cycle veranschaulicht. Der Inquiry-Cycle lässt sich beim Experimentieren im Physikunterricht mit Hilfe eines Tablet-PC sehr gut realisieren. Abbildung 2 zeigt, dass jede „Station“ des Inquiry-Cycles mit Hilfe des Tablet-PC absolviert werden kann. Dabei ist jeweils der Mehrwert zu diskutieren, der durch die Einführung des Tablet-PC für die Lernenden entsteht. So können Schüler zu einer Problemstellung mit Hilfe des Tablet-PC Informationen entweder frei im Internet oder über vom Lehrer bereitgestellte Quellen und Portale sammeln. Des Weiteren können physikalische Sachverhalte sowohl mit Hilfe der internen als auch über externe Sensorik gemessen werden (siehe nächster Abschnitt). Die Messwerte können direkt in Graphen umgewandelt auf dem Tablet-PC ausgewertet werden. Die Messergebnisse werden auf dem Tablet-PC gesammelt und ansprechend aufgearbeitet. Via Email bzw. Programmen wie etwa Dropbox können die Ergebnisse kommuniziert und im nächsten Schritt über Präsentationssoftware wie z. B. Powerpoint oder Keynote präsen-

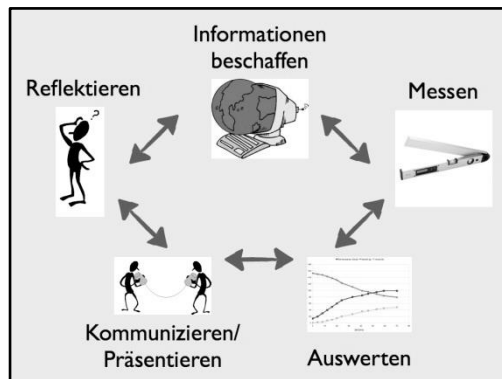


Abb. 2: Einsatzmöglichkeiten des Tablet-PC

tiert und diskutiert werden. Nach anschließender Reflexion können neu aufgeworfene Fragen den Inquiry-Cycle erneut durchlaufen.

Sensorik des Tablet-PCs

Wie im vorigen Abschnitt angesprochen verfügen Tablet-PCs über eine Vielzahl interner Sensoren, welche es ermöglichen, den Tablet-PC in der Schule als physikalisches Messgerät zu benutzen. Es soll hier kurz auf die interne Sensorik sowie einige Beispiele der Anwendung im physikalischen Unterricht eingegangen werden.

Art der Sensorik	Mögliche Anwendung im Unterricht
Beschleunigungssensoren	Beschleunigungsmessungen beim Federpendel, gekoppelten Pendel oder der schiefen Ebene (z.B. Kuhn & Vogt, 2012)
Akustisches Oszilloskop	Untersuchung von Geräuschen, Tönen und Klängen über Zerlegung in Frequenzspektren via Fourier Analyse
GPS Empfänger	Messung eines 100m Laufes und Bestimmung der Durchschnitts- / Momentangeschwindigkeit
Magnetfeldsensor	Messung des Magnetfelds einer Spule und Bestätigung des Induktionsgesetzes
Foto-/ Videokamera	Messung einer Fallbewegung (siehe nächster Abschnitt)

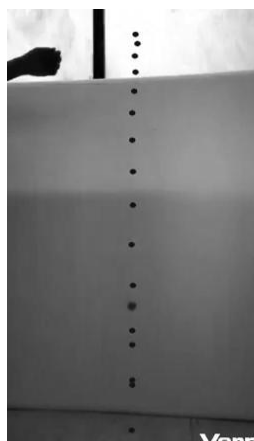


Abb. 3: Video Physics

Videoanalyse eines Flummis

Im folgenden Abschnitt wird eine Möglichkeit gezeigt, die Energieerhaltung eines Flummis im Sinne des Inquiry-Cycles zu behandeln. Dies soll mit Hilfe der Videoanalyse eines Tablet-PCs geschehen. Es wird die App „Video Physics“ der Firma Vernier verwendet. Im ersten Schritt wird mit Hilfe der im Tablet-PC integrierten Videokamera gefilmt wie der Flummi aus einiger Höhe fallen gelassen wird und einige Male aufspringt. Anschließend wird in der App „Video Physics“ die Position des Flummis mit einem Fadenkreuz markiert. Durch berühren des Bildschirms springt das Video automatisch ein Bild weiter und die Position des Balles wird wiederum markiert. So wird die komplette Flugkurve des Flummis festgehalten. (Siehe Abbildung 3). Nachdem der Maßstab in dem Video festgelegt wurde, erstellt die App automatisch Weg- Zeit- bzw. Geschwindigkeit-Zeit-Diagramme sowohl in y-Richtung (vertikal)

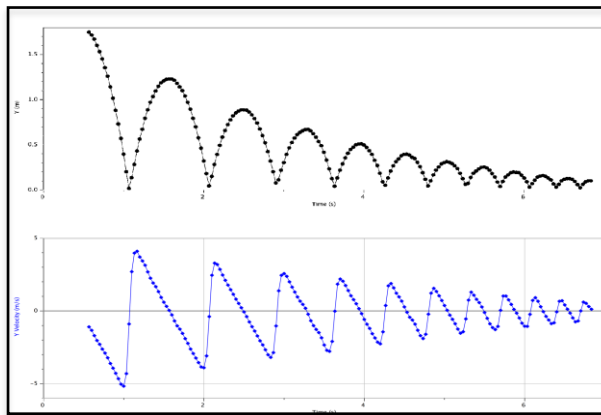


Abb. 4: Weg-Zeit-Diagramm (oben)
Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm (unten)

Abbildung 4). Hier muss, um den Energieerhaltungssatz zu retten, der Begriff der Verformungsenergie eingeführt werden. Zur Veranschaulichung kann eine Hochgeschwindigkeitsaufnahme des Flummis zum Zeitpunkt des Bodenkontakts gezeigt werden, welche die Verformung verdeutlicht. Des Weiteren kann der Energieverlust von „Sprung zu Sprung“ berechnet werden. Hierzu werden jeweils die maximalen Sprunghöhen aus dem Diagramm ermittelt. Da sich die potentielle Energie proportional zur Sprunghöhe verhält, teilt man jeweils die maximale Sprunghöhe durch die des vorigen Sprunges. Bei geringen Fallhöhen ist dieser Koeffizient näherungsweise konstant.

Zusammenfassung und Ausblick

Der Tablet-PC eignet sich im Bereich Schulexperimente aus mehreren Gründen. Zum einen ist bei den Lernenden eine sehr hohe Motivation beim Arbeiten und Experimentieren mit dem Tablet-PC zu erkennen, welche sowohl aus der thematischen als auch materialen Authentizität abzuleiten ist. Des Weiteren ergeben sich durch die Vielzahl interner Sensoren vielfältige Einsatzmöglichkeiten in verschiedenen Gebieten der Physik. Insbesondere durch die Videoanalyse mit dem Tablet-PC lassen sich sowohl durch Aufnahmen der integrierten Kamera als auch durch Import von Hochgeschwindigkeitsaufnahmen interessante Phänomene, wie etwa die Energieerhaltung eines Flummis, messen, auswerten, diskutieren und präsentieren.

Aufbauend auf den bisherigen Erkenntnissen sollen noch Anwendungen in weiteren Gebieten der Physik, wie etwa der Optik oder der Elektrodynamik, getestet werden um auch hier den Tablet-PC für den Lernenden gewinnbringend einzusetzen.

Literatur

- Bishop, A and Bruce, B. (2002). Using the web to support inquiry-based literacy development. *Journal of Adolescent and Adult Literacy*, 45 (8), 706-714
- Dewey, J. (1916). *Democracy and education.*, http://www.ilt.columbia.edu/publications/Projects/digitexts/dewey/d_e/chapter11.html (abgerufen am 08.10.2012)
- Vogt, P. & Kuhn, J. (2012). Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*, 50 (3), 182-183

als auch in x-Richtung (horizontal).

In Abbildung 4 ist sowohl das Weg- Zeit- als auch das Geschwindigkeit - Zeit - Diagramm in y-Richtung zu sehen. Anhand der Graphen kann man zum einen die Energieumwandlung von potentieller in kinetische Energie thematisieren, zum anderen kann auch auf den Zeitpunkt eingegangen werden bei welchem der Flummi exakt den Boden berührt und an dem sowohl die Höhe als auch Geschwindigkeit gleich Null ist (siehe

Chancen und Probleme von Beschleunigungssensoren

Beschleunigungssensoren sind heute in Technik und Alltag weit verbreitet. Es gibt Beschleunigungssensoren, die das Auslösen eines Airbags steuern oder die die Festplatte des Laptops bei harten Stößen oder Stürzen zur Vermeidung von Beschädigungen abschalten, und Beschleunigungssensoren zur Steuerung moderner Videospiele. In Smartphones und Tablet-PCs werden Beschleunigungssensoren in verschiedensten Apps genutzt. Smartphones sind in 23% der Haushalte Jugendlicher vorhanden und 14% der Jugendlichen besitzen selbst ein Smartphone (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2010). Expertenschätzungen gehen davon aus, dass in wenigen Jahren konventionelle Handys komplett vom Markt verschwunden sind.

Für den Physikunterricht sind Beschleunigungssensoren in zweierlei Hinsicht interessant: 1. als authentischer Anwendungskontext von physikalischen Inhalten und 2. als authentisches Messgerät für physikalische Größen. Chancen und Probleme beider Möglichkeiten sollen hier in einem Überblick vorgestellt werden.

Beschleunigungssensoren als authentischer Anwendungskontext von Physik

Inhalte des Physikunterrichts können im Kontext von Beschleunigungssensoren behandelt bzw. angewandt werden. Es geht dabei darum, das Wissen an einem authentischen Anker zu verankern („Anchored-Instruction“). Der Grundaufbau aller Beschleunigungssensoren ist gleich: Ein Probekörper ist über elastisch verformbare Halterungen befestigt, die bei Beschleunigungen verformt werden. Gemessen wird dann die Auslenkung des Probekörpers gegenüber dem Gehäuse. Es können kapazitive Sensoren als Anwendung des Plattenkondensators, Hall-Effekt-Sensoren als Anwendung des Hall-Effekts und piezoresistive Beschleunigungssensoren als Anwendung der Abhängigkeit des Widerstandes von der Form des Leiters behandelt werden (Watzka, Scheler & Wilhelm, 2012).

Beim kapazitiven Beschleunigungssensor führt die Auslenkung des Probekörpers zu einer Änderung der Kapazität der Anordnung, da sich der Abstand zwischen den Kondensator Elektroden ändert. Die Abhängigkeit der Kapazität vom Abstand der Kondensatorplatten ist ein übliches Thema im Physikunterricht. Tatsächlich verwendet man zur Linearisierung einen Differentialkondensator aus drei Platten, wobei die Mittelelektrode den Probekörper bildet. Zur Erhöhung der Kapazität des Kondensators wird noch die Fläche der Elektroden vergrößert, indem sie kammförmig gestaltet werden. Mit Hilfe eines Modellexperiments kann die Wirkungsweise plausibel gemacht werden. Dazu hängt man eine bewegliche Platte zwischen zwei festen Kondensatorplatten. Eine Feder bewirkt, dass die Auslenkung proportional zur beschleunigenden Kraft ist. So sind sogar qualitative Messungen möglich (Watzka, Scheler & Wilhelm, 2012).

Beim Hall-Effekt-Sensor ist der Probekörper ein Dauermagnet, der ausgelenkt wird, und darüber ist ein Hall-Sensor, der das Magnetfeld misst. Auch der Hall-Effekt ist Teil des Physikunterrichts und die Funktionsweise kann mit einem Dauermagnet und einem Hall-Effekt-Sensor gezeigt werden (Watzka, Scheler & Wilhelm, 2012).

Bei piezoresistiven Sensoren wird die Änderung des elektrischen Widerstands bei Verformung verwendet. Die Gleichung $R = \rho \cdot l / A$ wird häufig im Physikunterricht behandelt. In Dehnungsmessstreifen aus Metall ist die Änderung der Leitergeometrie entscheidend, in Halbleiter-Dehnungsmessstreifen ist die Änderung des spezifischen Widerstands ausschlaggebend (Watzka, Scheler & Wilhelm, 2012).

Kompliziert wird es leider dadurch, dass man Tricks zur Linearisierung (z.B. Differentialkondensator) sowie zur Dämpfung der entstehenden Schwingungen verwenden muss und zur

Spannungsmessung meist eine Wheatstone'sche Brückenschaltung braucht, die nicht unbedingt bekannt ist. Folglich braucht man im Unterricht geeignete Elementarisierungen und geeignete Bilder.

Beschleunigungssensoren als authentisches Messgerät für physikalische Größen

Beschleunigungssensoren sind Alltagsgeräte. Benutzt man diese, z.B. im Smartphone, als Messgerät, hat man den Vorteil der Authentizität der Experimentiergeräte (situiertes Lernen). Dabei können die Sensoren auch als Black-Box eingesetzt werden.

Messtechnisch interessant sind 3D-Beschleunigungssensoren, die die Daten entweder per Funk an einen Rechner senden oder wie bei Smartphones und Tablet-PCs in einem kleinen, beweglichen Rechner verbaut sind. Bei Messungen an bewegten Körpern mussten bisher die Daten eines mitgeführten Sensors durch ein Kabel zum Computer übertragen werden oder die Bewegungen wurden z.B. durch Fäden an ruhende Sensoren übertragen. Durch ein mitgeführtes Kabel oder einen Faden wird die zu untersuchende Bewegung aber gestört. Bei berührungslosen Messungen mit einem Ultraschall- oder Lasersensor können nur eindimensionale Bewegungen aufgezeichnet werden. Eine zweidimensionale Messung ist mit einer Videoanalyse möglich, die aber durch zweifaches Ableiten zu sehr ungenauen und schwankenden Beschleunigungswerten führt.

Die nun mögliche kabellose Messung ermöglicht einfachere Versuchsaufbauten und störungsfreie Beschleunigungsmessungen. Außerdem können Bewegungen aus Alltag, Freizeit und Sport analysiert werden, die einen großen Bewegungsradius benötigen. Bei einigen Experimenten kann ein Kabel nicht nur stören, sondern auch ein Unfallrisiko darstellen.

Genannt seien hier vier Beispiele für solche kabellose Messung mit 3D-Beschleunigungssensoren:

- Beim Sensorsystem Cobra4 von Phywe mit der Software measure werden die Daten per Funk vom Sensor an den PC übertragen, wobei ein PC Daten von bis zu 99 Sensoren empfangen kann (Scheler & Wilhelm, 2009).
- Beim Sensorsystem Pasport von Pasco mit der Software Datastudio werden die Daten per Bluetooth vom Sensor an den PC übertragen, wobei an einem PC nur ein Funksensor anschließbar ist (Scheler & Wilhelm, 2009).
- Eine kostengünstige Lösung ergibt sich mit der Wii Remote von Nintendo (Krichenbauer & Hopf, 2010): Der Gamecontroller hat einen 3D-Beschleunigungssensor und überträgt die Daten per Bluetooth (< 10 m), die mit der kostenlosen Software Phymote der Physikdidaktik der LMU München auswertbar sind (www.phymote.org). Allerdings kann man hier nicht gleichzeitig andere Sensoren auslesen.
- Mit verschiedenen Apps können die Beschleunigungssensoren von Smartphones oder Tablet-PCs ausgelesen werden (Vogt, Kuhn & Gareis, 2011). Allerdings können die Bilder der Smartphones nicht auf große Bildschirme übertragen werden und viele Apps bieten nur begrenzte Auswertmöglichkeiten.

Ein Beschleunigungssensor misst eigentlich die Auslenkung eines Probekörpers, welche wiederum ein Maß für die auf diesen Probekörper wirkenden Kräfte ist. Im Allgemeinen sind dies zwei Kräfte: die Gewichtskraft und eine Trägheitskraft. Die auf die Masse bezogene Kraft nennt man dann (meist gedankenlos) Beschleunigung. Wenn beim ruhenden Sensor die Gewichtskraft durch eine Zwangskraft auf das Gerät kompensiert wird, misst man ohne eine stattfindende Bewegung die Erd-,beschleunigung“. Beim fallenden Sensor misst man dagegen nichts, da sich die beiden Kräfte kompensieren. Sinnvoll ist deshalb, falls möglich, vor Beginn der Bewegung in der Ruhe den Tara-Knopf zu drücken und somit alle Beschleunigungskomponenten auf null zu setzen; nur dann wird die tatsächliche Beschleunigung gemessen – falls der Sensor während der Bewegung nicht verkippt wird. Bei Bewegungen, bei denen der Sensor verkippt wird, wird dagegen die Erdbeschleunigung immer wieder in anderen Richtungen gemessen, eine Nullsetzung ist hier nicht möglich.

Dennoch sind die drei Diagramme der gemessenen Beschleunigungskomponenten oft sehr schwer zu interpretieren. Z.T. ist auch die Richtung bzw. das Vorzeichen verwirrend, da man sich überlegen muss, ob die Richtung der subjektiven Scheinkraft oder der objektiven Beschleunigung angezeigt wird. Des Weiteren werden nicht die drei Beschleunigungskomponenten in die drei ruhenden Raumrichtungen gemessen, sondern drei Beschleunigungskomponenten aus Sicht des Beobachters (senkrecht, seitlich, vorne), d.h. das Koordinatensystem dreht sich mit dem Beobachter, was die Interpretation stark erschweren kann. Die Beschleunigung ist in jedem Fall ein schwieriger Begriff, so dass in Mechanikkonzepten für die Sekundarstufe I auch darauf verzichtet wird (Wilhelm et al., 2012).

Eine Lösung ist das kostenlose App AccelVisu für das iPhone (Lück & Wilhelm, 2011). Hier werden statt Diagramme die beiden Beschleunigungskomponenten in der Bildschirmenebene des iPhones als intuitiver Pfeile dargestellt. Die Bewegung soll hier nur auf der Tischfläche stattfinden (oder bei anderen schiefen Ebenen wird zum Beginn auf null gestellt). Dies ermöglicht Erfahrungen mit der Richtung der Beschleunigung beim Schieben des iPhones mit der Hand auf dem Tisch. Hilfreich ist es aber auch bei klassischen Schulversuchen, wie der konstanten Beschleunigung auf einer ebenen Bahn infolge einer Zugkraft oder bei Drehbewegungen, wobei die Richtung der Beschleunigung gut deutlich wird (Lück & Wilhelm, 2011).

Beschleunigungssensoren können im Physikunterricht z.B. bei Experimenten zur Gleit- und Rollreibung, bei Experimenten zum dritten Newton'schen Gesetz, beim Fall mit Luftreibung und bei harmonischen und anharmonischen Schwingungen eines Stabpendels eingesetzt werden (Scheler & Wilhelm, 2009). Attraktive Lernanlässe sind aber auch verschiedene Fahr-Attraktionen eines Freizeitparks oder Volksfestes, welche den Schülern verdeutlichen können, dass sie auch in ihrer Freizeit mit physikalischen Problemen und Phänomenen konfrontiert werden können. Bei Kreisbewegungen erhält man so in zwei Beschleunigungskomponenten eine Sinusschwingung. Bei der Beschleunigungsmessung auf einer Schiffschaukel erhält man in radialer Richtung eine Schwingung (Schüttler & Wilhelm, 2011). Bei einer Achterbahnfahrt kann man nur den Betrag der „Beschleunigung“ anschauen; da die Gewichtskraft hier nicht rausrechenbar ist, misst man so etwas wie die gefühlte Belastung der Fahrgäste (Schüttler & Wilhelm, 2011). Auch Bewegungen des eigenen Körpers können mit Beschleunigungssensoren vermessen werden. Dazu gehört neben dem Gehen (Scheler & Wilhelm, 2009) auch das Laufen und Springen, wobei die Analyse eines Sprunges nicht einfach ist (Weidt & Wilhelm, 2012).

Literatur

- Lück, S. & Wilhelm, T. (2011). Beschleunigungspfeile mit dem iPhone. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 60 (7), 27-29
- Krichenbauer, C. & Hopf, M. (2010). Phymote – kostengünstige Bewegungsmessung mit der Nintendo Wii Remote. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 59 (7), 31ff.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2010). JIM 2010. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. www.mpfs.de
- Scheler, S. & Wilhelm, T. (2009). Neue Möglichkeiten durch Funksensoren. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 58 (7), 28-35
- Schüttler, M., & Wilhelm, T. (2011). Bewegungsanalyse im Freizeitpark. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 60 (6), 18-24
- Vogt, P., Kuhn, J. & Gareis, S. (2011). Beschleunigungssensoren von Smartphones – Beispieleexperimente zum Einsatz im Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 60 (7), 15-23
- Watzka, B., Scheler, S. & Wilhelm, T. (2012). Beschleunigungssensoren. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 61 (7),
- Weidt, M. & Wilhelm, T. (2011). Bewegungen des eigenen Körpers – Möglichkeiten der Messwerterfassung im Vergleich. *PhyDid-B - Didaktik der Physik – Frühjahrstagung Münster 2011*. www.phydid.de
- Wilhelm, T., Tobias, V., Waltner, C., Hopf, M. & Wiesner, H. (2012). Design-Based Research am Beispiel der zweidimensional-dynamischen Mechanik. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung, Jahrestagung der GDGP in Oldenburg 2011*. Bd. 32. Münster: Lit-Verlag, 31-47

IWB-Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht? Ja, aber wie?

Das Interactive Whiteboard (IWB) ist eine technische Innovation, die seit kurzem in den Klassenräumen deutscher Schulen zunehmend Einzug findet, in einigen Bundesländern nicht zuletzt auch Dank großzügiger Förderung durch entsprechende Ministerien. Wir sehen in ihm ein Lernwerkzeug mit erheblichem Potenzial für eine neue Unterrichtsgestaltung. Der Erfolg einer Implementation von Innovationen in der Schule wird oft maßgeblich von der Bereitschaft der Lehrkräfte mitbestimmt, diese Innovation auch zu nutzen. Doch gibt es andere Faktoren, die hierfür eine bedeutsame Rolle spielen. Dieser Beitrag zeigt auf, welche Institutionen derzeit einen adäquaten Einsatz des IWB im naturwissenschaftlichen Unterricht fördern können.

Interactive Whiteboards in Schulen

Aktuelle Zahlen sprechen von einer über 60%igen Versorgung von IWBs an deutschen Schulen. Diese beeindruckende Zahl relativiert sich schnell: Bei einer Bildungsstudie zur Nutzung digitaler Medien in der Schule gaben 62% der befragten Schulen an, sie hätten *mindestens* ein Whiteboard in der Schule.¹ Tatsächlich gibt es zahlreiche Schulen, die noch in einer Art Testphase sind und bestenfalls im Computerraum die neue Technologie installiert haben. Immerhin haben aber auch schon 6% der befragten Schulen IWBs in allen Klassenzimmern installiert. In naturwissenschaftlichen Fachräumen sind IWBs in 36% der Schulen vorhanden, davon hat die Hälfte eine Komplettversorgung. Damit wird bereits deutlich, welche Fächer IWBs am häufigsten nutzen. 42% der befragten mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehrkräfte gaben eine Nutzung an, 60% davon mindestens einmal wöchentlich. Aber auch hier ist kritisch zu hinterfragen, wie es verwendet wird. Von einer Nutzungsvielfalt kann in Deutschland noch nicht gesprochen werden, darauf geht der Beitrag von Sieve und Schanze in diesem Tagungsband ein. Es ist ratsam, bei der Einführung dieser Innovation behutsam vorzugehen, damit sie nicht so verläuft wie in anderen Ländern. So macht Großbritannien trotz einer Versorgung von 70% IWBs in den Klassenräumen derzeit die Erfahrung einer rückläufigen Anwendung im Unterricht (Hurd, 2009).

Was zeichnet ein Interactive Whiteboard aus?

Oft wird für die Beschreibung der Stärken eines IWBs ein Vergleich mit einer herkömmlichen Kreidetafel unternommen. Dies beruht darauf, dass die IWBs nicht selten die Tafeln in den Klassenräumen ersetzen. Doch darf es nicht als ein Ersatz für andere Medien gesehen werden. Hier besteht die Gefahr, dass dann auch die didaktischen Konzepte der anderen Medien einfach übernommen werden. Dies ist nicht im Sinne der Nutzung einer Innovation und kann auch nicht ihr ganzes Potenzial schöpfen. Wir sehen wie Betcher & Lee (2009) das IWB als ein Bindeglied zwischen IKT-Ressourcen, den Schülerinnen und Schülern und der Lehrkraft. Damit wird es besonders interessant für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht, in dem zunehmend der Computer und das Internet, die digitale Messwerterfassung oder der wissenschaftliche Taschenrechner Daten in digitaler Form erzeugen, die innerhalb der Lerngruppe kommuniziert werden können. Das IWB unterstützt dies als ein interaktives und auch ein kooperatives Werkzeug. Als solches ist es auch nicht als Tafelersatz hinter dem Lehrerpult gut platziert, sondern sollte eher zum

¹ http://www.initiated21.de/wp-content/uploads/2011/05/NOA_Bildungsstudie_140211.pdf

Beispiel an der Seite eines Klassenraums allen beteiligten der Lerngruppe einen gleichwertigen Zugang ermöglichen. Ein dem IWB gerechter Einsatz stellt seine Interaktivität und Integrativität in den Vordergrund, mit dem Ziel, naturwissenschaftliche Konzepte und Prozesse zu entdecken, sie zu entwickeln, über neues, geteiltes Wissen zu diskutieren (negotiate new, shared understanding: Hennessy, Deaney, Ruthven & Winterbottom, 2007).

Der Einsatz wird durch die Ausstattung bestimmt

Wie bei anderen Medien auch werden Unterrichtsszenarien maßgeblich von der Verfügbarkeit der Ressourcen bestimmt. Ist nur ein IWB im Raum vorhanden, so bedeutet die Nutzung eine Fokussierung auf das Board selbst. Nicht selten bedeutet diese Situation eine Rückkehr zu einem eher lehrerdominierten Unterricht. Eine stärkere Einbindung der gesamten Lerngruppe und damit eine erhöhte Interaktivität wird bereits durch die Präsenz mindestens zweier Computer (bestenfalls Laptops) erreicht, die die Software des IWB nutzen können und somit das Erstellen digitaler Ressourcen zulässt, die über das Whiteboard präsentiert und weiter bearbeitet werden können. Noch besser wäre eine Anzahl von Laptops, die mindestens Kleingruppenarbeit ermöglicht. Ideal wäre dann noch ein Austausch der Medien untereinander, zum Beispiel über ein WLAN. Doch auch garantiert die bloße Präsenz der Medien noch keine Bereicherung für den Unterricht.

Wichtige Faktoren für eine Nutzung des IWB




<p>Beispiele guter Praxis</p> <p>Molekülverbindungen und salzartige Verbindungen</p> <p><i>Einzelarbeit - Aufgabe</i> Erstelle mit den unten zur Verfügung stehenden Objekten die Abbildung zweier salzartiger Verbindungen und zweier Molekülverbindungen auf der Tischebene nach dem Atommodell von Dalton. Vergleiche deine Darstellung mit zwei weiteren Mitschülerinnen oder Mitschülern.</p> <table border="1"> <tr> <td>molekulare Verbindung: CH₄, Methan</td> <td>molekulare Verbindung: CO₂, Kohlenstoffdioxid</td> </tr> <tr> <td>salzartige Verbindung: CuCl₂, Kupferchlorid</td> <td>salzartige Verbindung: CuCl₂, Kupferchlorid</td> </tr> </table> <p>Objekte: </p> <p></p>	molekulare Verbindung: CH ₄ , Methan	molekulare Verbindung: CO ₂ , Kohlenstoffdioxid	salzartige Verbindung: CuCl ₂ , Kupferchlorid	salzartige Verbindung: CuCl ₂ , Kupferchlorid	<p>Fachspezifische Fortbildung</p> 
molekulare Verbindung: CH ₄ , Methan	molekulare Verbindung: CO ₂ , Kohlenstoffdioxid				
salzartige Verbindung: CuCl ₂ , Kupferchlorid	salzartige Verbindung: CuCl ₂ , Kupferchlorid				
<p>Zugang zu Ressourcen</p> <p>exchange.smarttech.com www.prometheanplanet.com de.creativecommons.org</p>	<p>Support vor Ort</p>				

Abb. 1: Faktoren für die erfolgreiche Implementation von IWBs im Unterricht

Im Rahmen des von Bernhard Sieve betreuten Projektes iWnat² haben sich die in Abbildung 1 aufgeführten Faktoren herauskristallisiert, die für die Implementation der Innovation IWB in Schulen bedeutsam sind.

Beispiele guter Praxis: Wie oben bereits erwähnt, sehen wir in der Nutzung von IWBs nicht die bloße Übernahme bereits bestehender didaktischer Konzepte. Innovative Konzepte lassen sich gut kommunizieren, wenn es eine vielfältige Auswahl bereits bestehender und auch etablierter Praxisbeispiele gibt. Das ist in Deutschland noch ein Desiderat. Gute Beispiele sind auch eine notwendige Grundlage für die Schulung.

² http://www.chemiedidaktik.uni-hannover.de/projekte_cd.html

Fachspezifische Fortbildung: Hier stellt sich zunehmend heraus, dass eine allgemeine Einweisung in die Nutzung des IWBs zwar notwendig, aber lange nicht hinreichend ist. Jeder Fachunterricht, besonders der naturwissenschaftliche Unterricht, stellt eigene Anforderungen an das IWB. So kann im Chemieunterricht sehr gut ein Wechsel zwischen den Phänomenen und der Modellwelt vollzogen werden. Elemente wie ein Endloskloner ermöglichen unbeschränkte Ressourcen für die zeichnerische Darstellung von Systemen auf der Teilchenebene. Erfasste Messwerte oder auf Video mitgeschnittene Experimente können ebenfalls sehr gut mit der IWB-Software weiter aufbereitet werden. Diese Nutzung ist in fachspezifischen Fortbildungsangeboten intensiv zu schulen.

Zugang zu Ressourcen: Selbst wenn eine dem Medium gerechte Nutzung vermittelt wurde, den Lehrkräften bleibt oft wenig Zeit, eigene Ressourcen immer wieder auszudenken oder zu erstellen. Unterstützung können webbasierte Austauschplattformen bieten wie sie bei Herstellern der Hardware bereits zu finden sind. Qualitativ hochwertiges und geeignetes Material ist nur dann zu identifizieren, wenn die Plattformen genügend Metadaten für den Einsatzzweck zur Verfügung stellen und das Material von der Lehrkraft auch einfach an die eigenen Bedürfnisse adaptieren werden kann. Auch hierzu sind Lehrkräfte in Fortbildungen zu unterstützen, wenn es z.B. darum geht, legal verwendbares Material zu erkennen. Non-Profit-Organisationen wie Creative Commons kennzeichnen z.B. im Web verfügbares Material mit jeweiligen Nutzungsrechten.

Support vor Ort: Wie bei den anderen Medien in der Schule steht und fällt die Nutzung der IWBs mit der Wartung und der Zugänglichkeit. Hier ist die Schulleitung gefragt, ausreichend Ressourcen und ein gutes, kooperatives Management zur Verfügung zu stellen, damit die Technologie nicht in wenigen Händen verbleibt oder eine intensive Nutzung gar gemieden wird.

Fazit

Das Interactive Whiteboard hat das Potenzial insbesondere kooperative Unterrichtsformen zu bereichern. Es verlangt aber ein Neudenken in der Unterrichtsplanung und Durchführung. Wird versucht, bereits bekannte didaktische Konzepte darauf anzuwenden, so ist ein Scheitern der Implementation nicht unwahrscheinlich. Wir befinden uns in Deutschland noch in einer Findungsphase. Es ist für uns persönlich noch ungewiss, in welche Richtung sich der naturwissenschaftliche Unterricht mit einem IWB entwickeln kann. Ein Erfolg erscheint uns jedoch wahrscheinlicher, wenn der Fokus nicht unbedingt auf der Hardware, also auf dem IWB selbst, liegt, sondern auf der das Board begleitenden Software, die dann in einem Netzwerk von Laptops oder Computern von den Schülerinnen und Schülern verwendet werden kann.

Literatur

- Betcher, C. & Lee, M. (2009). *The Interactive Whiteboard Revolution-Teaching with IWBs*. Victoria, Australia: ACER Press
- Hennessy, S., Deane, R., Ruthven, K. & Winterbottom, M. (2007). Pedagogical strategies for using the interactive whiteboard to foster learner participation in school science. *Learning Media and Technology*, 32 (3), 283-301
- Hurd, S. (2009). Why has Computer Assisted Learning made so little impact in secondary education? Lessons from an economics and business subject case-study. *Curriculum Journal*, 20 (2), 139-159

Was denken MINT-Lehrer über ihren Umgang mit dem interaktiven Whiteboard

Einleitung und Zielsetzung

Trotz der im vorigen Artikel von Schanze und Sieve aufgezeigten Potenziale interaktiver Whiteboards (IWB), gerade für die Gestaltung von Unterricht mit hohen kooperativen und individualisierten Anteilen, belegen internationale Studien, dass interaktive Whiteboards vorwiegend wie eine klassische Kreidetafel oder als Präsentationsfläche genutzt werden und kooperative und individualisierte Unterrichtsformen auf Kosten lehrerzentrierter Arbeitsweisen zurückgedrängt werden (Higgins et al., 2007; Hurd, 2009). Dies wird auch für die Nutzung des IWB in Deutschland konstatiert (Irion, 2010), doch fehlen hierzulande entsprechende Studien – insbesondere in den naturwissenschaftlichen Fächern.

Wie jede Innovation stellt auch die Nutzung des IWB Anforderungen an die Nutzer, die Änderungen in deren Interessen, Einstellungen und Ansichten einerseits, aber mehr noch Veränderungen in ihrem technischen und pädagogischen Repertoire voraussetzen (Mishra & Koehler, 2006). Lehrer müssen eben nicht nur lernen, wie sie das IWB nutzen; sie müssen lernen, wie sie unter Verwendung des IWB bzw. der IWB-Software so unterrichten, dass der Mehrwert dieser Innovation im Lernprozess deutlich wird. Eine probate Unterstützungsmaßnahme der Implementation von Innovationen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) sind Lehrerfortbildungen. Viele der herkömmlichen Fortbildungskonzepte betonen jedoch die Handhabung der Innovation und gehen zudem von idealisierten Bedingungen aus, ohne die unterschiedlichen Fähigkeiten und Erfahrungen einerseits sowie Interessen und auch Bedenken der Fortzubildenden zu berücksichtigen (Cochran-Smith & Lytle, 1999). Das nachfolgend vorgestellte Forschungsvorhaben und das angegliederte Projekt iWnat haben zum Ziel, Leitlinien für chemiespezifische Weiterbildungsangebote abzuleiten, solche Fortbildungen zu entwickeln, zu erproben und zu evaluieren.

Untersuchungsdesign und theoretischer Hintergrund

Die Studie gliedert sich in zwei Abschnitte bzw. Teilstudien – der Erhebung der Ausgangslage zu den Interessen und zur Nutzung des IWB im (naturwissenschaftlichen) Unterricht und der Erprobung sowie Evaluation der Lehrerfortbildung. Der Schwerpunkt dieses Beitrags liegt auf der Darstellung der Lehrerperspektive und den sich daraus ergebenden Leitlinien für IWB-Lehrerfortbildungen.

Für die Erhebung der Ausgangslage ergeben sich u. a. folgende Forschungsfragen:

- Wie nutzen (NaWi-)Lehrer das IWB?
- Welche Interessen und Bedenken haben (NaWi-)Lehrer gegenüber dem IWB?
- Was sind die Gelingensbedingungen für eine erfolgreiche Implementation des IWB?

Die Zentrale Fragestellung für die Evaluationsstudie lautet:

- Inwieweit ändern sich die Interessenlagen zum und die Nutzungsarten des IWB nach der Teilnahme an der IWB-Fortbildung?

Die Studie stützt sich auf das Concerns-Based Adoption Model (CBAM) (George et al., 2006). Danach ist die erfolgreiche Implementation einer Innovation ein Prozess, in dem die an der Innovation beteiligten Personen verschiedene Entwicklungsstufen hinsichtlich ihrer Interessenlagen – den *Stages of Concern* (SoC) – sowie der Art und Weise der Nutzung der Innovation und dem Wissen über die Innovation – den *Levels of Use* (LoU) – nacheinander durchlaufen.

Methodik der Untersuchung zur Ausgangslage

Über einen Fragebogen (*Stages of Concerns Questionnaire* (SoCQ), modifiziert nach George et al., 2006) wurde die Interessenslage von Lehrkräften gegenüber dem IWB erhoben. Zusätzlich wurden die Kenntnisse zum IWB und dessen Nutzung sowie die Selbsteinschätzung der Lehrkräfte erfasst. Aus der Fragebogenstudie ergab sich eine Gruppe von Lehrern, die ihre Bereitschaft zur Teilnahme an einer qualitativen Interviewstudie sowie an Unterrichtsbesichtigungen erklärten. Durch das Interview wurden nicht nur die LoU, sondern auch Interessenslagen erfasst, um die im Fragebogen gemachten Angaben zu validieren. Ferner wurden Daten sowohl zu Barrieren als auch zu in der Praxis erprobten Einsatzmöglichkeiten des IWB sowie zu den erforderlichen und wünschenswerten Rahmenbedingungen erhoben. Durch die Unterrichtsbesichtigungen sollten die in den Interviews geschilderten Nutzungsarten des IWB sowie die Rahmenbedingungen des Unterrichts in der Praxis geprüft werden. Einen Überblick die Studie zur Erfassung der Ausgangslage liefert Abb. 1.

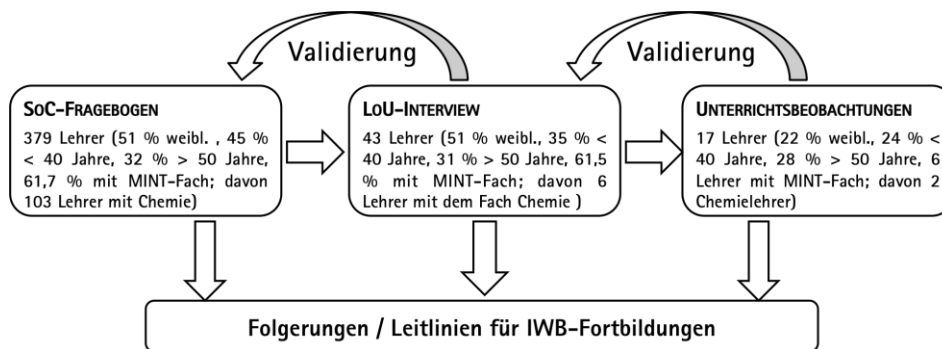


Abb. 1: Überblick über die Studie zur Erfassung der Ausgangslage

Ausgewählte Ergebnisse

MINT-Lehrer nutzen das IWB vorwiegend als Tafelersatz und als Präsentationsfläche

Bei den Lehrkräften mit MINT-Fächern überwiegen die Nutzungsarten Tafelersatz (90,8 %), Präsentationsfläche für Filme o.ä. (56,7 %) sowie die Steuerung anderer Programme über die IWB-Oberfläche (83,2 %). Lernumgebungen mit interaktiven Elementen werden nur von etwa einem Drittel der Befragten gestaltet. Mögliche Ursachen hierfür liegen in den unzureichenden Kenntnissen der Lehrer über die erweiterten Funktionen der IWB-Software: Knapp 80 % der Lehrer in den MINT-Fächern kennen nur die grundlegenden Funktionen des IWB; erweiterte Funktionen und Werkzeuge wie beispielsweise Galerie, Bildschirmaufnahme oder die Activity Tools, die Voraussetzung für das Erstellen interaktiver Lernumgebungen sind, sind im Mittel mehr als zwei Dritteln der befragten MINT-Lehrer unbekannt. Die o.g. Befunde für den eher lehrerzentrierten Einsatz des IWB finden ihre Bestätigung auch in den Interviews sowie den Unterrichtsbeobachtungen.

Heterogenität ist die Regel

Mit Blick auf die Interessenslagen der MINT-Lehrer ergibt sich folgendes Bild: 51 % von ihnen befinden sich auf der niedrigsten Stufe (SoC 0) und unterscheiden sich dabei kaum von den Lehrern ohne MINT-Fach (57 % SoC 0). Nur etwa ¼ der befragten MINT-Lehrer erreicht bereits die Adaptionsebenen der impact-concerns (SoC 4-6). Zwischen Nutzern und Nicht-Nutzern des IWB bestehen dabei signifikante Unterschiede in der Verteilung der Adaptionsebenen (Mittelwerte SoC: Nutzer: 2,53, SD 0,55; Nicht-Nutzer: 0,38, SD 0,115; χ^2 : $p < 0,001$ ***). Angesichts der noch jungen Innovation IWB (mittlerer Nutzungszeitraum zum Zeitpunkt der Befragung: 1,53 Jahre; SD 0,533) und der drastischen

Unterschiede in der Ausstattung der Schulen mit IWB sind diese Befunde nicht verwunderlich – sie zeigen jedoch, wie auch die Analyse der Interviews, die Forderung nach adressatengerechten Unterstützungsmaßnahmen auf.

Leitlinien für die Gestaltung eines adressatengerechten IWB-Fortbildungsangebotes

Die Analyse der quantitativen und der qualitativen Daten lieferte vier Handlungsfelder, denen die folgenden Leitlinien zugeordnet werden:

Handlungsfeld: Heterogene Eingangsvoraussetzungen

- Differenzierung der Teilnehmer in Gruppen ähnlicher Erfahrungen und Interessen.
- Modularer Aufbau mit individueller Schwerpunktsetzung.
- Integration von technischen Pannen in die Module (Krisenmanagement).

Handlungsfeld: Dominierende Nutzung des IWB als Tafelersatz

- Durch fachspezifische Beispiele guter Praxis interaktive Lernszenarien vermitteln (Schwerpunkt: kooperative Lernformen, Unterstützung von Modellierungsprozessen).
- Durch Integration von Peripheriegeräten (Kamera o. ä.) den Übergang von analoger zur digitalen Arbeitsweise erleichtern.

Handlungsfeld: Vorwiegend spontane Nutzung des IWB

- Schulung der Fertigkeiten für die Gestaltung interaktiver Lernszenarien und der Steuerung von Gruppenprozessen durch Nutzung der IWB-Software als Werkzeug zur Unterrichtsplanung.

Handlungsfeld: Geringer fachgruppeninterner Austausch

- Schulung ganzer Fachgruppen.
- Anlegen von Austauschplattformen für Materialien.

Weiteres Vorgehen

Auf der Basis der Leitlinien wurden eine IWB-Fortbildung für Chemielehrer sowie Lernszenarien für die Nutzung des IWB entwickelt. In einem Vergleichsgruppendesign wird dieses Fortbildungskonzept derzeit erprobt und evaluiert. Als Instrumente für die Differenzierung der Teilnehmer nach vergleichbaren Interessen sowie Erfahrungen im Umgang mit dem IWB dient der durch die Interviews validierte und um Fragen zum Selbstkonzept und zur Nutzung des IWB ergänzte SoC-Fragebogen. Zusätzliche Informationen liefern ein Nutzungstagebuch und Beschreibungen von Unterrichtsverläufen incl. der generierten Materialien. Diese Erhebungsinstrumente werden als Prä-, Post- und Follow-up-Test eingesetzt. Die sich aus der Analyse der SoC ergebenden SoC-Profile sollen über matched-pairs in Interventions- und Kontrollgruppe trotz geringer Stichprobengröße (N = 62) Aussagen über den Fortbildungserfolg liefern.

Literatur

- Cochran-Smith, M. & Lytle, S. (1999). Relationships of knowledge and practice: Teacher learning in community. *Review of Research in Education*, 24, 249-305
- George, A. A., Hall, G. E. & Stiegelbauer, S. M. (2006). *Measuring Implementation in Schools: Using the tools of the Consensus-Based Adoption Model*. Austin: Southwest Educational Development Lab
- Higgins, S., Beauchamp, G. & Miller, D. (2007). Reviewing the literature on interactive whiteboards. *Learning, Media and Technology*, 32 (3), 323-346
- Hurd, S. (2009). Why has Computer Assisted Learning made so little impact in secondary education? Lessons from an economics and business subject case-study. *Curriculum Journal*, 20 (2), 139-159
- Irion, T. (2010). Interaktive Whiteboards: Was sollten Lehrkräfte wissen und können? *Computer und Unterricht*, 78, 16-18
- Mishra, P. & Koehler, M.J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108 (6), 1017-1054

Einsatz interaktiver Tafeln im Physikunterricht

Motivation

Interaktive Tafeln, die in anderen Ländern bereits fest zum Unterrichtsalltag gehören, erleben seit einiger Zeit einen enormen Aufschwung in Deutschland. Nicht zuletzt durch die finanzielle Unterstützung der Anschaffung in Form von Förderprogrammen setzen sich interaktive Tafeln als Ersatz oder Ergänzung traditioneller Kreidetafeln zunehmend in allen Bundesländern durch. In Sachsen wird mittels des europäischen Förderprogramms „Medios II“ der Erwerb u.a. von interaktiven Tafeln gefördert. Dieses Programm beinhaltet jedoch lediglich die technische Ausstattung und sieht keine Mittel für Fort- und Weiterbildung der Lehrer vor. Aus zahlreichen Gesprächen mit Studierenden und Lehrern wird jedoch deutlich, dass hier ein großer Bedarf seitens der Schulen besteht, sollen diese Geräte nicht als Technikuine enden.

Forschungsstand

Im englischsprachigen Raum wurden bereits zahlreiche Studien zum Einsatz und möglichen Potentialen der interaktiven Tafeln durchgeführt (Becta 2003, Higgins 2007). Diese Studien weisen jedoch uneinheitliche und zum Teil widersprüchliche Ergebnisse, insbesondere bei den Schwerpunkten Leistung, Motivation sowie methodische und didaktische Veränderungen im Unterricht, auf. Bei der Analyse der Studien wird deutlich, dass für einen erfolgreichen Einsatz im Unterricht nicht in erster Linie die reine Anschaffung von Technik, sondern eine Reihe von Rahmenbedingungen eine maßgebliche Rolle spielen. Als wichtige Faktoren wurden u.a. Schulausstattung, Kooperation und das Fortbildungsangebot identifiziert. Da sich Schulausstattung und Kooperation nur bedingt beeinflussen lassen, konzentrieren wir uns im Folgenden auf den Fortbildungsaspekt. In den vorliegenden Studien wurden Kriterien herausgearbeitet, welche Anforderungen Fortbildungen für interaktive Tafeln erfüllen sollten (siehe Obst, 2012). In dieser Arbeit ziehen wir neben diesen Kriterien vor allem theoretische Fundierungen und Modelle heran, die die Konstruktion einer Fortbildung leiten sollen, insbesondere das TPCK-Modell von Mishra und Koehler (2006), welches die bekannten PCK-Modelle um eine technische Komponente erweitert, sowie das Interconnected Model of Teacher Professional Growth von Clarke und Hollingsworth (2002).

Ziele und Forschungsfragen

Ausgehend vom vorgestellten Forschungsstand und der Motivation wurden folgende Ziele und Forschungsfragen formuliert:

Erfassung eines umfassenden IST-Zustandes zur Nutzung der Interaktiven Tafeln (IAT) im sächsischen Physikunterricht:

- Wie werden die interaktiven Tafeln im Physikunterricht genutzt?
- Wie wird der Unterricht aus Sicht der Lehrer und Schüler wahrgenommen?

Entwicklung und Evaluation einer physikspezifischen Lehrerfortbildung für IAT:

- Können durch die Fortbildung Änderungen im tatsächlichen Nutzungsverhalten initiiert werden?
- Welchen Einfluss hat die Fortbildung auf die Unterrichtswahrnehmung aus Sicht der Lehrer und Schüler?

Studiendesign

Zur Bearbeitung der zweiten Frage wurde ein eigens konstruierter Lehrer- und Schülerfragebogen verwendet. Ergänzt wurden diese durch ein vorstrukturiertes Unterrichtsprotokoll, welches von eigens geschulten Beobachtern im 30-Sekunden-Takt ausfüllten und folgende drei Beobachtungsschwerpunkte enthielt: Nutzung der Funktionen, Medieneinsatz, Einbettung von Experimenten. Bei einigen Lehrern konnte zusätzlich ein Tafel-Video für eine detailliertere Analyse aufgenommen werden. Die Fragebögen sowie die Eignung der Vorlage zum Unterrichtsprotokoll wurden in einer Pilotstudie eingesetzt und anschließend überarbeitet.

An der Fortbildung nahmen 30 Lehrer aus sächsischen Gymnasien und Mittelschulen teil. Die Hauptstudie wurde im Pre-Intervention-Post-Design durchgeführt, wobei im Pre- und Post-Test jeweils Schüler- und Lehrerfragebogen, sowie 3-5 Unterrichtsbeobachtungen stattfanden und sich die Intervention aus zwei ganztägigen Fortbildungen im Abstand von sechs Wochen zusammensetzte. Aufgrund des aufwendigen Genehmigungsverfahrens konnte nur bei sechs Lehrern das komplette Datenset erhoben werden.



Abb. 1: Studiendesign

Konzeption und Evaluation der Lehrerfortbildung

Ausgehend von den theoretischen Vorbetrachtungen und den Unterrichtsbeobachtungen des Pre-Tests wurde eine Fortbildung bestehend aus zwei ganztägigen Veranstaltungen mit einer 6-wöchigen Pause konzipiert. Inhaltlich bestand diese aus vier Modulen:

- Grundlegende Bedienung der IAT
- Nutzung von Medien in Kombination mit der IAT
- Einbinden von Experimenten
- Didaktische und methodische Aspekte.

Die Lehrerfortbildung wurde von den Lehrern insgesamt sehr gut angenommen, was sich in einer positiven Bewertung in den Kurzevaluationen widerspiegelte. Kritisch angemerkte Punkte, wie z.B. die Raumsituation, konnten erfolgreich im zweiten Veranstaltungsteil verbessert werden. Auf einer 4-stufigen Likert-Skala wurde eine durchschnittliche Zustimmung von 3,44 (Veranstaltung I) bzw. 3,60 (Veranstaltung II) bei einer maximal erreichbaren Bewertung von 4 erreicht.

Erste Ergebnisse der Unterrichtsbeobachtungen

Die Analyse der Unterrichtsprotokolle belegt, dass sich die Vielfalt der genutzten Funktionen und Medien im Vergleich zum Pre-Test vergrößert hat. Erstmals konnte auch der Einsatz fachspezifischer Software beobachtet werden. Die Schülerbeteiligung ist jedoch bis

auf einzelne Ausnahmen weiterhin sehr gering, was jedoch angesichts der verhältnismäßig kurzen Intervention wenig verwunderlich ist.

Erste Ergebnisse zur Schülerperspektive

Die Faktoren des eigens entwickelten Schülerfragebogens zeigen eine gute bis sehr gute Reliabilität (siehe Tab. 1). Die Auswertung der Schülerfragebögen deckt sich mit den Unterrichtsbeobachtungen: Es sind Veränderungen, teilweise signifikant, in vielen Faktoren zu beobachten. Dabei differieren die Veränderungen zwischen den verschiedenen Lehrern. Diese sollen mit Hilfe der Tafelvideos näher analysiert werden.

Die insgesamt nach wie vor mangelnde Schülerbeteiligung spiegelte sich sowohl in den qualitativen als auch in den quantitativen Daten wider.

Faktoren	Cronbach Alpha Pre-Test	Cronbach Alpha Pre-Test
Selbstkonzept Physik	0,88	0,91
Emotionale Einstellung der Schüler	0,80	0,74
Wahrgenommene Funktionstüchtigkeit	0,81	0,72
Subjektiv wahrgenommener Lerneffekt	0,81	0,79
Interessantheit der Stunden	0,90	0,89
Verbesserung des Tafelbilds	0,87	0,88
Wahrgenommene Unterstützung beim Experimentieren	0,88	0,86
Schüleraktivität an der IAT	0,76	0,71
Wichtigkeit moderner Werkzeuge	0,88	0,89
Wahrgenommene Nutzung der IAT beim Experimentieren	0,88	0,80

Tab. 1: Reliabilität der Faktoren aus Schülerfragebogen

Zusammenfassung und Ausblick

Es zeigte sich, dass die gewählten Instrumente geeignet sind. Sie lieferten ein kohärentes Bild des Unterrichts und bieten gleichzeitig ergänzende Aspekte zur vertieften Untersuchung. Die erzielten Fortschritte nach der Fortbildung differieren stark zwischen den einzelnen Lehrern und bedürfen einer weiteren Analyse unter Einbeziehung der Unterrichtsvideos. Ein Klassenprofil mit der Auswertung der qualitativen und quantitativen Daten soll dazu einen Beitrag leisten.

Literatur

- Becta (2003). What the research says about interactive Whiteboards. Coventry, England: The British Educational Communications and Technology Agency
- Clarke, D. & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, 18, 947-967
- Higgins, S., Beauchamp, G. & Miller, D. (2007) Reviewing the literature on interactive whiteboards. *Learning, Media and Technology*, 32 (3), 323-346
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 106, 1017-1054
- Obst, D. (2012). Einsatz interaktiver Tafeln im Physikunterricht. Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung, Jahrestagung der GDGP in Oldenburg 2011*. Bd. 32. Münster: Lit-Verlag, 292-294

Marcus Köhnen¹
Kathrin Racherbäumer²

¹Gymnasium Essen-Werden
²Universität Duisburg-Essen

Übergänge ohne Brüche?! Individualisierter Unterricht im MINT Bereich

Einleitung

Eine kontinuierliche Anknüpfung an die Lernausgangslage der Schülerinnen und Schüler ist für den Lernerfolg unstrittig (vgl. z.B. Beck et al., 2008, S. 37f.; Helmke, 2009, S. 244f). An diese Befunde knüpft auch die Transitionsforschung an, die die Bedeutung schulischer Übergänge für die weitere Lernbiographie belegt (vgl. z.B. Fthenakis et al., 2007). Daraus resultiert die Forderung nach einer möglichst individualisierten und bruchlosen Gestaltung des Unterrichts zu Beginn der Sekundarstufe I, die insbesondere durch die Umsetzung adaptiver und/oder offener Lehr- und Lernformen sowie durch die Kooperation von abgebender und aufnehmender Institutionen realisiert werden kann (vgl. z.B. Hellmich, 2010; Klieme & Warwas, 2011; Racherbäumer, 2012).

Die Forderung schulische Übergangssituationen durch individuelle Förderung zu verbessern, findet sich in bildungspolitischen Rahmenbedingungen wieder (vgl. z.B. Schulgesetz NRW). Ziel einer individualisierten Übergangsgestaltung ist es, einen optimalen Anschluss an bereits vorhandenes Wissen und Kompetenzen aus vorherigen Bildungsstufen zu gewährleisten und Brüche zu vermeiden. Ob und wie diesem bildungspolitischen Postulat insbesondere in der tatsächlichen Unterrichtsgestaltung in übergangsbezogenen Lehr- und Lernkontexten entsprochen wird, war bislang nicht Gegenstand systematischer wissenschaftlicher Betrachtung. Gleichwohl liegen für den naturwissenschaftlichen Unterricht Ergebnisse vor, die zeigen, dass der aktuell gestaltete Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I bruchhaft und problematisch zu sein scheint (vgl. Möller, 2010; Wodzinski, 2006).

Studie

Das Projekt „Schulische Übergänge“ hat zum Ziel, die derzeitigen Unterrichtspraktiken von Lehrer/innen in NRW nach dem Übergang in die Sekundarstufe I (Beginn des 5. Schuljahres) zu erfassen und schulformübergreifend (Gymnasium, Gesamtschule, Realschule, Hauptschule) zu vergleichen. Die vorliegende Teilstudie fokussiert einerseits Einschätzungen zu Lernvoraussetzungen der Schüler/innen und andererseits die derzeitige Praxis der Übergangsgestaltung innerhalb des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Dazu wurden Lehrerinnen und Lehrer der Sekundarstufe I schulformübergreifend zu folgenden Themenbereichen mit einem standardisierten Fragebogen befragt:

1. Angaben zur Person (10 Items); 2. Allgemeine Angaben zu Klassen und Schüler/innen (21 Items); 3. Kooperation mit Grundschulen (3 Items); 4. Unterrichtspraxis in der Erprobungsstufe (36 Items) und 5. Persönliche Überzeugungen zu Schule und Unterricht im Allgemeinen und Individueller Förderung im Besonderen (27 Items).

An der Befragung nahmen Lehrer/innen teil, die in den letzten fünf Jahren die Fächern Deutsch, Mathematik, Englisch und/oder Naturwissenschaften der Jahrgangsstufe 5 unterrichtet haben. Insgesamt beteiligten sich 457 Lehrkräfte an der Untersuchung, aus den Naturwissenschaften N=106 und der Mathematik N=146. Anzumerken ist ferner, dass der größte Anteil der befragten Lehrkräfte am Gymnasium unterrichtet (54%).

Erste Ergebnisse

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf Items zur Unterrichtspraxis und den persönlichen Überzeugungen bzw. Erfahrungen der Lehrkräfte zu Lernvoraussetzungen der Schüler/innen in den Naturwissenschaften und der Mathematik.

Mit Blick auf eine individualisierte Unterrichtspraxis sollte zunächst eine Einschätzung der Lernvoraussetzungen der Schüler/innen vorgenommen werden, indem die Lehrkräfte auf einer vierstufigen Skala angeben sollten, wie viel Prozent ihrer Schüler/innen die naturwissenschaftlichen Kompetenzerwartungen, die für den Sachunterricht der Jg.-Stufe 4 formuliert sind, erfüllen. Auffallende Angaben sind:

- 16% geben an, dass mehr als 75% der Schülerinnen und Schüler stoffliche Veränderungen (z.B. Aggregatzustandsänderungen) phänomenologisch beschreiben können.
- 35% geben an, dass weniger als 25 % der Schülerinnen und Schüler Experimente planen, durchführen und auswerten können, 38% nehmen diese Kompetenzen bei 25-50 % der Schülerinnen und Schüler wahr.
- 42 % geben an, dass weniger als 25% der Schülerinnen und Schüler einen Stromkreis modellieren und sicher mit Elektrizität umgehen können.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass der überwiegende Anteil der Lehrkräfte (gemittelt über 5 Kompetenzbereiche = 80%) den Anteil der Grundschülerinnen und Grundschüler, die die naturwissenschaftlichen Kompetenzerwartungen zum Ende der Jg.-Stufe 4 erfüllen, geringer als 50% einschätzt.

Für das Fach Mathematik stellt es sich anders dar: Der überwiegende Anteil der Lehrkräfte (gemittelt über die 4 Kompetenzbereiche = 66%) sieht bei über 50% der Grundschülerinnen und Grundschüler zu Beginn der Klasse 5 die Kompetenzerwartungen, die für das Ende der Grundschulzeit formuliert wurden, als tatsächlich erreicht an.

Mit der Einschätzung zu den Kompetenzbereichen ergibt sich zwingend die Fragestellung, ob die Lehrkräfte standardisierte Instrumente zur Diagnose der Lernvoraussetzungen einsetzen. Auch hier gibt es einen deutlichen Unterschied zwischen Mathematik- und Naturwissenschaftslehrkräften. Während 96% der naturwissenschaftlichen Lehrkräfte angeben, kein Diagnoseinstrument zur Feststellung der Lernausgangslage zu nutzen, gilt dies nur für 60% der Mathematiklehrer.

Auf die Frage, inwiefern Lehrkräfte Materialien differenziert einsetzen, wird am häufigsten eine Differenzierung durch die zur Verfügung gestellte Lernzeit angegeben (NW 68%, Mathematik 74%). Eine Differenzierung durch den Einsatz unterschiedlicher Materialien (z.B. als selbstdifferenzierende Aufgaben) findet kaum statt (NW 10 %, Mathematik 16%). Der Anteil an Lehrkräften, die eine Differenzierung für unnötig befinden, da ihrer Meinung nach keine Unterschiede im Fähigkeitsniveau bestehen, ist in den Naturwissenschaften mit 22% verhältnismäßig hoch (Mathematik 10%). Ähnlich sieht die Differenzierung in der Unterrichtsorganisation aus. 48% der naturwissenschaftlichen Lehrkräfte unterrichten „(fast) immer“ die Klasse gemeinsam (Mathematik 46%), 35% geben an, „oft“ auf diese Weise zu unterrichten (Mathematik 50%).

Die Mehrheit (90%) der naturwissenschaftlichen Lehrkräfte setzt binnendifferenzierende Gruppenbildungen (z.B. entsprechend den Fähigkeiten) nur „manchmal“ ein. Auch individuelle Einzelaufgaben werden überwiegend nur „manchmal“ eingesetzt (NW 59%, Mathematik 63%). Äquivalent zur Differenzierungspraxis verhalten sich die Angaben zur Unterrichtsvorbereitung. Hier geben 92% (NW) bzw. 93% (Mathematik) als häufigste Quelle zur Unterrichtsvorbereitung ihre eigene professionelle Einschätzung an. Die zweite wichtige Quelle ist das eingeführte Lehrwerk (NW 82%, Mathematik 93%). Weniger häufig bereiten sich die Lehrkräfte mit Hilfe diagnostischer Tests (NW 0%, Mathematik 8%) und Kompetenzraster (NW 27%, Mathematik 23%) vor.

Hinsichtlich der persönlichen Einstellungen zu individueller Förderung zeigt sich, dass dem Grundsatz „*Jedes Kind muss entsprechend seiner Schwächen gefördert werden*“ voll oder überwiegend zugestimmt wird (NW 90%, Mathematik 87%). Auch der Notwendigkeit zur Diagnose als Grundlage einer individuellen Förderung wird voll oder überwiegend zugestimmt (NW 83 %, Mathematik 76 %).

Erstes Fazit

Eine individualisierte Übergangsgestaltung im Sinne einer systematischen Diagnostik der Lernausgangslage und eine daran anknüpfende Differenzierungspraxis wird durch die naturwissenschaftlich-mathematischen Lehrkräfte an weiterführenden Schulen kaum praktiziert. Gleichwohl halten die befragten Lehrkräfte sowohl individuelle Förderung insgesamt und die Bestimmung der Lernausgangslage der Schüler/innen für äußerst bedeutsam. Aus diesem Ergebnis lässt sich vorsichtig schlussfolgern, dass es möglicherweise an Materialien zur Diagnose- und Differenzierungspraxis mangelt. Darüber hinaus könnte auch fehlendes Wissen zum Vorhandensein bzw. Umgang mit demselben fehlen. Vor diesem Hintergrund könnte man vermuten, dass der leicht verbreiterte Einsatz von Diagnoseinstrumenten in der Mathematik durch das größere Angebot entsprechender Instrumente zu erklären ist.

Ausblick

Von der weiteren Auswertung der Daten wird ein systematisches Bild der derzeitigen Unterrichtsgestaltung von Lehrkräften verschiedener Schulformen und verschiedener Fächer erwartet. Darüber hinaus werden einerseits Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Elementen einer individualisierten Übergangsgestaltung (Kooperations-, Diagnose-, und Differenzierungspraxis) sowie andererseits Zusammenhänge zu weiteren personalen Faktoren der Lehrkräfte (Alter, Fortbildungen, berufsbezogene Einstellungen) analysiert. Mit Blick auf die dargestellten Ergebnisse, könnten sich durch den Vergleich mit anderen Fächern (Deutsch und Englisch) Aussagen zur Bedeutung des systematischen Einsatzes von Diagnoseinstrumenten mit Blick auf die Differenzierungspraxis ergeben. Perspektivisch ist es interessant, die Einschätzungen der Lehrkräfte zu den Kompetenzerwartungen mit unabhängigen Kompetenztests bei den Schülerinnen und Schüler zu überprüfen.

Literatur

- Beck, E., Baer, M., Guldemann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C., Müller, P., Niedermann, R., Rogalla, M. & Vogt, F. (2008). Adaptive Lehrkompetenz. Analyse und Struktur, Veränderbarkeit und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens. Münster: Waxmann Verlag
- Fthenakis, W., Gisbert, K., Griebel, W., Kunze, H.-R., Niesel, R. & Wustmann, C. (2007). Auf den Anfang kommt es an! Perspektiven für die Neuorientierung frühkindlicher Bildung. Bonn:
- Hellmich, F. (2010). Einführung in den Anfangsunterricht. Stuttgart: Kohlhammer
- Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Fulda: Klett, Kallmeyer Verlag
- Klieme, E. & Warwas, J. (2011). Konzepte der Individuellen Förderung. Zeitschrift für Pädagogik, 6, 805-818
- Möller, K. (2010). Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang. In: A. Campo & G. Graube (Hrsg.), Übergänge gestalten. Naturwissenschaftliche und technische Bildung am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe. VDI Beruf und Gesellschaft. Report 40. 15-35
- Racherbäumer, K. (2012). Individualisiert Lehren im Anfangsunterricht?! In F. Hellmich (Hrsg.), Bedingungen und Perspektiven des Lehrens und Lernens in der Grundschule. Wiesbaden: VS Verlag, 105-108
- Wodzinski, R. (2006). Zwischen Sachunterricht und Fachunterricht. Naturwissenschaftlicher Unterricht im 5. und 6. Schuljahr. Unterricht Physik, 93, 4-9

Mehrebenenanalyse der Zusammenhänge von Eigenständigkeit, Selbstbestimmung, Motivation und Lernerfolg im Physikunterricht an Realschulen

Zusammenfassung

Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation von Deci und Ryan (1993) liefert einen theoretischen Rahmen für das im Bildungsplan 2004 für die Allgemeinbildenden Schulen in Baden-Württemberg formulierte Postulat, das Lernhandlungen nach Selbstständigkeit, Eigenverantwortung und Selbstkontrolle der Lernenden verlangen. In Zusammenhang mit der Konzeptwechseltheorie (Duit, 2000) wurde eine Studie durchgeführt, um das Postulat des Bildungsplans auf seine Tragfähigkeit hin zu überprüfen.

Als zentrale Merkmale wurden auf Schülerebene die *Grundbedürfnisse* (im Sinne der Selbstbestimmungstheorie der Motivation), die *Motivation* sowie der Leistungsstand vor und nach einer Unterrichtseinheit zur Elektrizitätslehre mit standardisierten Instrumenten erhoben. Die Einschätzung der *wahrgenommenen* bzw. *zugelassenen Eigenständigkeit* wurde aus drei Betrachterperspektiven (Schüler, Lehrer, externe Beobachter) anhand eines selbst entwickelten Messinstruments erfasst.

Signifikante Unterschiede im Post-Leistungstest auf Klassenebene konnten durch die Klassenunterschiede im Pre-Leistungstest und durch die Einschätzung der *zugelassenen Eigenständigkeit* durch den Lehrenden vorhergesagt werden ($R^2 = .64$). Die von den Schülern und externen Beobachtern *wahrgenommene Eigenständigkeit* besaß weder auf Schüler- noch auf Klassenebene Vorhersagekraft auf *den Lernerfolg*.

Des Weiteren wird anhand der Ergebnisse deutlich, dass Schüler, die ein hohes Maß an Selbstbestimmung im Unterricht wahrnehmen, tendenziell intrinsisch motiviert sind und im Post-Leistungstest überdurchschnittlich gut abschneiden.

Damit können die Annahmen der Selbstbestimmungstheorie der Motivation gestützt werden; zugleich kann das oben formulierte Postulat in dieser allgemeingültigen Form nicht bestätigt werden.

Stand der Forschung und Forschungsfragen

Die Identifikation bedeutsamer Determinanten sowohl auf Ebene des einzelnen Schülers als auch auf Ebenen der Unterrichts- und der Schulsystemgestaltung für den Lernerfolg von Schülern stellt ein zentrales Ziel der empirischen Unterrichtsforschung dar (u.a. Prenzel et al., 2004). In der hier dargestellten Studie werden die Konstrukte der *Eigenständigkeit* und der *Motivation* von Schülern als wesentliche Bedingungen für einen erfolgreichen Lernprozess untersucht. Den theoretischen Hintergrund der Studie bilden die Konzeptwechseltheorie (u.a. Duit, 2000) sowie die Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (1993, 2000).

Deci und Ryan (1993, 2000) gehen davon aus, dass eine auf Selbstbestimmung beruhende Lernmotivation positive Wirkungen auf die Qualität von Lernen hat. Sie postulieren drei angeborene psychologische Bedürfnisse, die ihre Geltung für alle Regulationen der Motivation haben: 1. das Bedürfnis nach Kompetenz oder Wirksamkeit, 2. das Bedürfnis nach Autonomie oder Selbstbestimmung und 3. das Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit oder sozialer Zugehörigkeit. Die beiden Autoren gehen davon aus, dass Rahmenbedingungen, die Heranwachsenden die Gelegenheit von Kompetenz- und Autonomieerleben sowie sozialer Eingebundenheit geben, die intrinsische Motivation fördern, während eine Hemmung dieser Bedürfnisse diese Art der Motivation eher schwächt.

Die Konzeptwechseltheorie beschreibt Lernwege, die, ausgehend von Schülervorstellungen, zu naturwissenschaftlichen Vorstellungen führen. Es geht dabei jedoch nicht um den Austausch oder die Löschung eines der Konzepte; sie bleiben in ihrer jeweiligen Form nebeneinander bestehen. Ziel des Unterrichts ist es, den Schüler davon zu überzeugen, dass sich in manchen Situationen die naturwissenschaftlichen Vorstellungen als angemessener und fruchtbarer erweisen als die eigenen Alltagsvorstellungen (Duit, 2000).

Ausgehend von dem oben genannten Postulat, der Selbstbestimmungstheorie der Motivation und der Konzeptwechseltheorie wurden zu Beginn der Studie folgende Forschungsfragen formuliert:

- Besteht ein Zusammenhang zwischen der Ausprägung von Eigenständigkeit (aus Sicht der Lehrer, Schüler und Rater⁴⁶) im Physikunterricht zum Lernerfolg der Schüler?
- Bestehen Zusammenhänge zwischen der Erfüllung der Grundbedürfnisse, der Motivation und dem Lernerfolg der Schüler?

Ausgewählte Ergebnisse der Hauptstudie

Die Hauptstudie erstreckte sich über das gesamte Schuljahr 2009/2010. Die Stichprobe setzte sich aus 21 Lehrern und 496 Schüler von Realschulen aus dem Rhein-Neckar-Kreis zusammen. Inhalt der Unterrichtseinheit, in der das Forschungsprojekt durchgeführt wurde, war Elektrizitätslehre.

Das Grund-/Referenzmodell

In einem ersten Schritt wurde das sog. Grundmodell, welches für den Vergleich mit anderen Modellen später als Referenzmodell herangezogen wurde, entwickelt. In das Modell wurde zunächst das Vorwissen der Schüler, welches durch einen Pre-Test erhoben wurde, sowohl auf Individualebene als auch aggregiert auf Klassenebene ins Modell aufgenommen. Damit konnten untersucht werden, inwieweit der Pre-Test bereits einen Teil der Varianz im Leistungsvermögen Post-Test aufklären kann. Auf Individualebene zeigte sich ein signifikanter Pfadkoeffizient ($\beta = .12^{**}$) und auf Klassenebene ein hoher, signifikanter Pfadkoeffizient von $.64^{***}$ vom Pre-Test auf den Post-Test. Damit kann auf Klassenebene 7%⁴⁷ und auf Individualebene 1%⁴⁸ der Gesamtvarianz aufgeklärt werden, was impliziert, dass ein Schüler einer Klasse, der im Pre-Test überdurchschnittlich gut abschneidet, mit einiger Wahrscheinlichkeit im Post-Test überdurchschnittlich gut abschneidet, während es zugleich fast keine Rolle spielt, ob ein Schüler innerhalb seiner Klasse zu den Schülern mit hohem Vorwissen gehört oder nicht. Daraus lässt sich schließen, dass die Zugehörigkeit zu einer „guten Klasse“ wichtiger als der eigene Rang innerhalb der Klasse ist.

Ergebnisse zur Untersuchung der Eigenständigkeit im Physikunterricht und zur Untersuchung der Motivation und der Grundbedürfnisse

Für die weiteren Berechnungen wurde nun der Teil der Varianz, der nicht bereits durch den Pre-Test aufgeklärt werden konnte (der sog. „vorwissensunabhängige Teil“), als *Lernerfolg* bezeichnet. Um die Unterschiede im *Lernerfolg* zwischen den Klassen erklären zu können, wurden nun bei der Modellierung der Mehrebenenmodelle entsprechend der Forschungsfragen verschiedene Prädiktoren sowohl auf Individual- als auch auf Klassenebene in das Grundmodell aufgenommen.

⁴⁶ Als Rater werden diejenigen Personen bezeichnet, die die Unterrichtsvideos anhand eines hoch inferenten Ratingmanuals in Form eines Fragbogens einschätzen.

⁴⁷ $((\text{Pfadkoeffizient})^2 \cdot \text{PTC} (\text{Interklassenkorrelationskoeffizient})) = (.64)^2 \cdot .22$.

⁴⁸ $((\text{Pfadkoeffizient})^2 \cdot \text{PTC} (\text{Interklassenkorrelationskoeffizient})) = (.12)^2 \cdot .78$.

Abb. 1 zeigt die verschiedenen entwickelten Modelle mit dem Post-Leistungsvermögen als Abhängige Variable. Entsprechend der Forschungsfrage I sind der Prädiktor *Eigenständigkeit* (gebildet aus allen 3 Betrachterperspektiven) auf Klassenebene (Modell 3) und entsprechend der Forschungsfrage II die Prädiktoren *Motivation* und *Grundbedürfnisse* auf Individualebene (Modell 3) in das Grund-/Referenzmodell (Modell 1b) aufgenommen worden. Zunächst wird deutlich, dass zwischen der *Eigenständigkeit* auf Klassenebene, gebildet als latentes Konstrukt aus allen drei Betrachterperspektiven, kein signifikanter Zusammenhang zum Lernerfolg nachweisbar ist ($\beta = .44$ n.s.). Beim Vergleich mit dem Referenzmodell (Modell 1b), um zu untersuchen, welchen Teil der Varianz im *Lernerfolg* der hinzugenommene Prädiktor aufklären kann, kann jedoch ein Anstieg des aufgeklärten Varianzanteils im *Lernerfolg* auf Klassenebene festgestellt werden (~19%). Aufgrund des nicht signifikanten Pfadkoeffizienten und der geringen Stichprobe auf Klassenebene ($N = 21$) darf dieses Ergebnis jedoch nur als Tendenz und mit Vorsicht betrachtet werden.

Die Hinzunahme der beiden Prädiktoren *Motivation* und *Grundbedürfnisse* (Modell 3) zeigt hingegen, dass die *Motivation* signifikant zur Aufklärung des *Lernerfolgs* beiträgt ($\beta = .14^{***}$). Überdies ist ein signifikanter totaler Mediationspfad von den *Grundbedürfnissen* auf die *Motivation* nachweisbar ($\beta = .83^{***}$). Beim Vergleich mit dem Referenzmodell wird deutlich, dass durch die Aufnahme der beiden Prädiktoren der aufgeklärte Varianzanteil im *Lernerfolg* sowohl auf Individualebene (2%) als auch Klassenebene (1%) gestiegen ist. Zusammenfassend weisen die Ergebnisse darauf hin, dass das oben formulierte Postulat nicht in dieser allgemeingültigen Form bestätigt werden kann, zugleich jedoch die Annahmen der Selbstbestimmungstheorie der Motivation gestützt werden können.

Abhängige Variable	Post-Leistungsvermögen					
	Modell	1a	1b	2	3	3a
Individualebene						
Leistungsvermögen Pre-Test		.15**				
Leistungsvermögen (Pre-Test Residuen)			.12**	.12**	.12**	.12**
Motivation					.14***	.10
Grundbedürfnisse						
indirekter Pfad zum Leistungsvermögen						.05
totaler Mediator-Effekt auf die Motivation					.83***	.83***
Klassen- bzw. Lehrerebene						
Leistungsvermögen (Pre-Test) (Klassenmittelwert)			.64***	.63***	.65***	.65***
Eigenständigkeit im Physikunterricht (alle 3 Beobachterperspektiven)				.44		
ICC	.21	.21	.21	.21	.21	.21
R ² Durch die Ebene-1-Prädiktoren aufgeklärte Varianz im Lernerfolg der Schüler	.007	.015	.015	.035	.036	.036
R ² Durch die Ebene-2-Prädiktoren aufgeklärte Varianz im Lernerfolg der Schüler	.002	.407	.594	.417	.417	.417
Durch die jeweiligen Ebene-1-Prädiktoren im Vergleich zum „Grundmodell“ (M1b) zusätzlich aufgeklärter Anteil der innerhalb der Klassen liegenden Varianz			-	.020	.021	
Durch die jeweiligen Ebene-2-Prädiktoren im Vergleich zum „Grundmodell“ (M1b) zusätzlich aufgeklärter Anteil der zwischen den Klassen liegenden Varianz			.187	.010	.010	

Abb. 1: Beta-Gewichte der Prädiktoren des Leistungsvermögens im Post-Test und Varianzaufklärung, auch im Vergleich zum Referenzmodell 1b.

Literatur:

- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223-238
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000). The “What” and “Why” of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behaviour. *Psychological Inquiry*, 11 (4), 227-268
- Duit, R. (2000). Konzeptwechsel und Lernen in den Naturwissenschaften. In R. Duit & Ch. v. Rhöneck (Hrsg.), *Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung*. Kiel: IPN,
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rolff, H.-G., Rost, J. & Schiefele, U. (Hrsg.) (2004). *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann
- Wolf, A. (2012). Zusammenhänge zwischen der Eigenständigkeit im Physikunterricht, der Motivation, den Grundbedürfnissen und dem Lernerfolg von Schülern. Eine mehr Ebenenanalytische Studie. *Dissertation. Studien zum Physik- und Chemielernen*. Hrsg. von H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth. Bd. 131. Berlin: Logos-Verlag

Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption „choice2learn“

Seit einigen Jahrzehnten bilden Schülervorstellungen sowie deren Veränderung einen zentralen Aspekt naturwissenschaftsdidaktischer Forschung. Die Unterrichtskonzeption „choice2learn“ (Marohn, 2008a) hat als Ziel, Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse zu initiieren. In der hier vorgestellten, qualitativ orientierten Studie sollen diese Lern- und Gesprächsprozesse untersucht werden.

Theoretischer Hintergrund

Aktuelle Forschungsergebnisse belegen die Chance, eine Konzeptentwicklung zu initiieren, indem sich Schüler argumentativ über eigene und fremde Konzepte austauschen (Osborne, 2010). Argumentationen im naturwissenschaftlichen Kontext sind „a form of collaborative discussion in which both parties are working together to resolve an issue, and in which both scientists expect to find agreement by the end of the argument“ (Andriessen, 2006, S. 443). Argumentation impliziert das Erarbeiten, Begründen sowie Reflektieren von Standpunkten und fordert und fördert so die Auseinandersetzung mit den eigenen Konzepten.

Die Unterrichtskonzeption „choice2learn“

Die Unterrichtskonzeption „choice2learn“ wurde mit dem Ziel entwickelt, Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse anzuregen. Thematisiert werden *elementare* Vorstellungen (Marohn, 2008b), die sich – obwohl thematisch in der Unter- bzw. Mittelstufe verortet – bis in die Oberstufe als stabil erweisen und auf viele Bereiche des Chemieunterrichts auswirken.

Die in einer Doppelstunde durchlaufenen Phasen der Konzeption sind: I. Kontextualisierung, II. Positionierung, III. Polarisierung, Diskurs und Lernimpulsphase, IV. Reflexion, V. Sicherung und Anwendung.

Zentraler Punkt der Konzeption ist die Positionierung, die über eine Multiple-Choice-Aufgabe erfolgt. Die Disktraktoren (häufigsten Schülervorstellungen) wurden durch vorangegangene Fragebogenstudien ermittelt (Marohn, 2008a, b). Nach der Positionierung in Einzelarbeit werden Kleingruppen gebildet, sodass sich jeweils 3-4 Schüler mit möglichst verschiedenen Vorstellungen treffen. Ziel der Gruppenarbeit ist es, sich auf eine Auswahlantwort zu einigen. Unterstützend werden Lernimpulse angeboten, mit denen Antworten gestärkt oder widerlegt werden können. Während der Lernimpulsphase notieren die Schüler die wichtigsten Aspekte in einem Argumentationsbogen. Die Gruppenergebnisse werden im Plenum präsentiert. Das wissenschaftliche Konzept wird anschließend im Rahmen einer Partnerarbeit gesichert.

Materialentwicklung und Probanden

Die entwickelten Multiple-Choice-Aufgaben sowie die zugehörigen Lernimpulse wurden in Anlehnung an den „Design-Based Research“-Ansatz (Barab & Squire, 2004) entwickelt und anfangs in Einzelinterviews sowie schließlich im Klassenverband erprobt. Auf diese Art sind Aufgaben zu vier Themen entstanden: Lösen von Kochsalz in Wasser, Lösen von Decan in Cyclodecan, Verdampfen von Eugenol, Stromfluss in wässrigen Lösungen.

Probanden der Studie waren Schüler aus den Jahrgängen 9-13 von Gesamtschulen und Gymnasien. Insgesamt wurden 42 Kleingruppen aus 12 Klassen/Kursen videografiert.

Design und (Analyse-)Methoden

Die Studie ist an das Case-Study-Research-Design nach Yin angelehnt. Yin definiert es als „an empirical inquiry that investigates a contemporary phenomenon in depth and within its real-life context, especially when the boundaries between phenomenon and context are not clearly evident.“ (Yin, 2009, S. 18).

Aufgrund bislang fehlender Forschungsergebnisse zu dieser Art der Unterrichtskonzeption handelt es sich primär um eine *deskriptive* Studie. Die Beschreibung der Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse basiert auf den Videographien bzw. den mit Transana erstellten Transkripten der Kleingruppenarbeiten sowie den von den Schülern erstellten Dokumenten. Diese Daten wurden mithilfe eines selbst erstellten Kodiersystems sowie des Programms TAMS Analyzer (Text Analysis Markup System) analysiert. Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt des Kodiersystems, das einen Überblick über Konzeptentwicklungen der Gruppe sowie einzelner Schüler ermöglicht.

L11		Zeichnen und erklären der angekreuzten Antwort						
Erwartungs-horizont	X							
ZEIT	S1	S2	S3	S4	INHALT	BEZUG	FACHL. RICHTIGK.	SONSTIGES
9:38		+A			Brownsche Molekularbewegung -> Verteilung im Raum	(Biologieunterricht; später genannt)	+/-	
10:03			+B		Erhitzen-> Bindungen größer		-	

Abb. 1: Auszug aus dem Kodiersystem zu Konzeptentwicklungsprozessen.

Eine Schüleraussage, die sich *für/gegen* eine Auswahlantwort ausspricht, wird mit einem Plus/Minus und dem jeweiligen Buchstaben der Antwort dargestellt (z. B. „+A“). Implizite Stützungen/Widerlegungen werden durch Klammern gekennzeichnet. Chemierelevante Aussagen ohne Stützung/Widerlegung erhalten die Codierung „X“. In der Spalte „Inhalt“ wird die jeweilige Aussage des Schülers kurz zusammengefasst.

Um die *Wirkungsdauer* eines möglichen Konzeptwechsels zu testen, wird jeweils nach sechs Wochen ein Follow-Up-Test eingesetzt.

Im zweiten Schritt der Analyse sind über die Beschreibung des Falles hinausgehende *Erklärungen* angestrebt, z. B. zu möglichen Ursachen hohen/geringeren Lernerfolgs bestimmter Schülergruppen. Diese Erklärungen basieren zum einen auf den aus der Beschreibung erhaltenen Ergebnissen, zum anderen – auch im Sinne der Triangulation – auf eingesetzten Tests zur kognitiven Fähigkeit (KFT) und zur Motivation (FAM) sowie einem Reflexionsbogen.

Forschungsfragen und (erste) Ergebnisse

Die übergeordnete Forschungsfrage lautet „Wie verlaufen Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption ‚choice2learn‘?“ Prinzip des Case-Study-Research-Designs ist es, (aus der Literatur abgeleitete) Hypothesen bezüglich der Forschungsfrage zu generieren, die anhand von Subfragen am eigenen Datenmaterial überprüft werden.

Die übergeordnete Hypothese zu *Konzeptentwicklungsprozessen* lautet „Die Lernumgebung choice2learn initiiert Schüler, ihre unwissenschaftlichen Konzepte weiterzuentwickeln bzw. zu verändern.“ Subfragen sind beispielsweise:

K1: *Wie viele Schüler gelangen am Ende zur richtigen/falschen Antwort?*

K2: *Wie viele Gruppen gelangen bei jedem Lernimpuls zur intendierten Lösung?*

K3: *Auf welchem Weg gelangen die Schüler bei jedem Lernimpuls zu einer Lösung?*

Zu K1: Während sich anfangs nur 37% aller Schüler für die richtige Auswahlantwort entschieden haben, gelangen am Ende der Gruppenarbeitsphase 86% zur richtigen Lösung. Mehr als das Vorher-Nachher interessieren in dieser Studie die Prozesse des Lernens. Sie

werden mittels des oben dargestellten Kodiersystems analysiert; erste Ergebnisse hierzu können in Kürze präsentiert werden.

Zu K2 und K3: Diese Fragen können anhand des Kodiersystems beantwortet werden. Ein Beispiel: Lernimpuls 5 (Verdampfen von Eugenol); dieser Impuls wurde von 12 Gruppen bearbeitet. 10 dieser Gruppen gelangten zur intendierten Lösung. Die Schüler tätigen anfangs für den Lernimpuls relevante, jedoch nicht stützende/widerlegende Aussagen. Im zweiten Schritt wird eine Antwort implizit gestützt/widerlegt. Im dritten Schritt gelingt der Transfer auf die ursprüngliche Antwort, die nun explizit gestützt/widerlegt wird. Der hier intendierte, komplexe Weg aus „Von einer Auswahlantwort als potentiell „richtig“ ausgehen. - Aus dem Lernimpuls neue Erkenntnisse gewinnen. - Die neuen Erkenntnisse auf die Auswahlantwort übertragen. - Die Auswahlantwort bewerten.“ gelingt stringent.

Die übergeordnete Hypothese zu *Gesprächsprozessen* lautet: „Die Lernumgebung „choice2learn“ initiiert Schüler, sich sowohl mit dem Lernmaterial als auch mit den Aussagen der anderen Schüler auseinanderzusetzen.“ Subfragen sind beispielsweise:

G1: *Wie sind die quantitativen Redeanteile eines jeden Schülers innerhalb einer Gruppe?*

G2: *Welche (Sprech-)Handlungen tätigen Schüler mit geringem quantitativem Sprechanteil?*

G3: *Beziehen sich die Schüler auf Aussagen anderer Gruppenmitglieder?*

G4: *Begründen Schüler ihre Standpunkte?*

G5: *Worauf beziehen sich Schüler bei einer Begründung?*

(Die folgenden Ergebnisse basieren auf der Beschreibung *einer* Gruppe.)

Zu G1: Die inhaltlichen Gesprächsanteile der Beispielgruppe sind: S1: 24%, S2: 26%, S3: 7%, S4: 43%.

Zu G2: Schüler 3 beteiligt sich wenig, fasst jedoch am Ende jedes Lernimpulses selbstständig die Kernpunkte der Diskussion im Argumentationsbogen zusammen. Aus sprachlich geringer Beteiligung kann demnach nicht auf gedanklich geringe Beteiligung geschlossen werden – eine lediglich quantitative Auswertung würde hier nicht genügen.

Zu G3: Von 358 inhaltlichen Sprechakten bezogen sich 269 auf vorangegangene Aussagen. Lediglich 25 inhaltliche Sprechakte bleiben unbeachtet. Die 64 kodierten Gesprächssequenzen (Einheiten eines Gesprächs, die sich aus einander bedingenden Sprechakten zusammensetzen) umfassten zwischen 2 und 31 Sprechakte.

Zu G4: Von 74 zu begründenden Aussagen wurden 35 begründet. (Wichtig ist hier der pragmatische Aspekt, dass Begründungen zu inhaltlich gleichen/ähnlichen Aussagen von den Gruppenmitgliedern als bekannt vorausgesetzt und nicht erneut genannt werden.)

Zu G5: Schüler beziehen sich bei Begründungen primär auf Lernimpulse, aber auch auf Schul- und Alltagswissen.

Literatur

- Andriessen, J. (2006). Arguing to learn. In R. K. Sawyer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge, England: Cambridge University Press, 443-460
- Barab, S. A. & Squire, K. D. (2004). Design-Based Research: Putting Our Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 1-14
- Marohn, A. (2008a): „Choice2learn“ – eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *ZfDN*, 14, 57-83
- Marohn, A. (2008b). Schülervorstellungen zum Lösen und Sieden. Auf der Suche nach „elementaren“ Vorstellungen. *MNU*, 61 (8), 451-457
- Osborne, J. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *Science*, 328, 463-466
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and Methods*, 4. Aufl. Applied Social Research Series, 5, Sage Publications.

Der Einfluss des Lerninhalts „Nano-Größeneffekte“ auf Teilchen- und Modellvorstellungen von Schülerinnen und Schülern

Die Bedeutung des Lerninhalts „Nano-Größeneffekte“ lässt sich aus zwei sehr unterschiedlichen Perspektiven belegen: Zum einen gewinnt die Nanotechnologie durch die Verknappung von Ressourcen und den Trend zur Miniaturisierung an Bedeutung. Darum wird die Vermittlung nanotechnologischer Grundlagen auch in der Schule wichtiger (AAAS, 1993). Nano-Größeneffekte sind der Überbegriff für Gesetzmäßigkeiten, die vielen nanotechnologischen Anwendungen zugrunde liegen. Sie beschreiben die Ausprägung einiger Stoffeigenschaften im Nano-Größenbereich, die von der Größe des Partikels abhängig ist.

Zum anderen haben Lernende Probleme, die in der Chemie gebräuchlichen Erklärungsebenen „Teilchen“ und „Stoff“ (Gilbert & Treagust, 2009) fachlich richtig zu verknüpfen und wissenschaftlich anerkannte Vorstellungen der Teilchenebene zu entwickeln (Kozma, 2000). Dies beeinträchtigt Motivation und Lernerfolg (Johnstone, 1991) und führt zu Fehlvorstellungen bezüglich der Teilchenebene (Ben-Zvi et al., 1986). Der Nano-Größenbereich stellt eine Übergangsgrößenordnung zwischen einzelnen Teilchen und sichtbaren Stoffen dar. Da das Verstehen wissenschaftlich anerkannter Modelle der Übereinstimmung mit bereits existierenden Vorstellungen bedarf (Schnotz, 1988), ist zu erwarten, dass sich das Schließen der „Lücke“ zwischen den Repräsentationsebenen „Teilchen“ und „Stoff“ positiv auf die Teilchenvorstellungen von Lernenden auswirkt. Damit verbunden sind eine tiefergehende Auseinandersetzung mit Modellen und ein daraus resultierendes Verständnis von Modellen.

Modellverständnis ist von großer Bedeutung in naturwissenschaftlichen Disziplinen (Bailer-Jones, 2002), um Theorien zu unterrichten, zu verstehen und weiterzuentwickeln. Modelle sind Träger hypothetischer und empirisch belegter Vorstellungen. Sie repräsentieren ausgewählte Aspekte der Realität und können flexibel neuen Fragestellungen angepasst werden. Modellverständnis setzt also das Wissen über die Grenzen von Modellen voraus.

Die vorgestellte Studie beschäftigt sich mit der Untersuchung des Einflusses der für nanotechnologische Anwendungen wichtigen Nano-Größeneffekten auf Teilchen- und Modellvorstellungen von Schülerinnen und Schülern im Vergleich zu konventionellen Chemieerklärungsmustern.

Im Mittelpunkt stehen folgende Forschungsfragen: Kann der Lerninhalt Nano-Größeneffekte als Brücke zwischen der Atom- und der Stoffdimension genutzt werden, um 1. Schülervorstellungen zu naturwissenschaftlich anerkannten Vorstellungen zu verändern in Bezug auf 1.1 Eigenschaften der Teilchen, die nicht mit Stoffeigenschaften gleichzusetzen sind (Konstrukt a), 1.2 den diskontinuierlichen Aufbau der Materie (Konstrukt b), 2. eine Verbesserung des Verständnisses der Grenzen des Teilchenmodells zu erreichen (Konstrukt c)?

Studiendesign

9 Chemielerngruppen der Einführungsphase der Oberstufe an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen ($N=168$) wurden mittels 6 Tests in jeweils eine Interventions- und eine Kontrollgruppe unterteilt. Die Tests bezogen sich zum einen auf drei Skalen von Mikelskis-Seifert (2002) und Beerenwinkel (2006) zu Teilcheneigenschaften (Konstrukt a), dem diskontinuier-

lichen Aufbau der Materie (Konstrukt b) und der den Grenzen des Teilchenmodells (Konstrukt c), deren Ergebnisse als abhängige Variablen auch für einen Vor-Nachtestvergleich genutzt wurden. Des Weiteren wurden zur Balancierung Skalen zum Interesse am Fach Chemie (Fechner, 2009) und zu kognitiven figuralen und sprachlichen Fähigkeiten eingesetzt (Heller & Perleth, 2000).

Die Schülerinnen und Schüler bearbeiteten aufgabenbasierte Selbstlernmaterialien zu (1) der Abgrenzung der Größeneinheiten Piko-, Nano-, Mikro- und Millimeter, (2) Gold und seinen Stoffeigenschaften wie (i) Schmelztemperatur, (ii) elektrische Leitfähigkeit und (iii) Farbe und (3) der CO-Katalyse an Nano-Goldpartikeln. Die Materialien für die Interventionsgruppe thematisierten die drei Stoffeigenschaften (i) bis (iii) mit Fokus auf deren Veränderlichkeit im Größenbereich Nano. Die Materialien für die Kontrollgruppe erklärten die Stoffeigenschaften auf traditionelle Weise über den submikroskopischen Aufbau. Die Dauer der Intervention betrug 15 Schulstunden à 45 Minuten.

Ergebnisse und Diskussion

Der Vor-Nachtestvergleich wurde mithilfe von 6 *t*-Tests für die 3 Konstrukte a-c bei Lernenden der Interventions- und Kontrollgruppe vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Reliabilitätswerte der verwendeten Testskalen lagen im zufriedenstellenden Bereich von $\alpha=.770$ bis $\alpha=.802$. Des Weiteren wurde eine Bestimmung der Effektstärken als Cohens *d* vorgenommen.

	Interventionsgruppe (<i>n</i> = 86)	Kontrollgruppe (<i>n</i> = 82)
(a) Teilcheneigenschaften (9 Items, $\alpha=.770$)	$t(73) = 2.990; p < .01$ $d = .4$	$t(74)=1.076; p = .285$ $d = .12$
(b) Diskontinuierlicher Aufbau der Materie (7 Items, $\alpha=.802$)	$t(77) = 1.500; p = .138$ $d = .16$	$t(70)=1.732; p = .08$ $d = .18$
(c) Teilchenmodell- verständnis (5 Items, $\alpha=.775$)	$t(71) = 2.104; p < .05$ $d = .24$	$t(71) = 2.371; p < .05$ $d = .27$

Tab. 1: Vor-Nachtestergebnisse der Konstrukte a, b und c für Interventions- und Kontrollgruppe.

Eine signifikante Verbesserung im Vor-Nachtestvergleich der Skala „Teilcheneigenschaften“ (Konstrukt a) konnte für die Interventions- nicht aber für die Kontrollgruppe festgestellt werden ($p < .01$). Die Effektstärke *d* nach Cohen beträgt .4. Für das Konstrukt b konnten für keine der beiden Gruppen signifikante Verbesserungen nachgewiesen werden. Dieser geringe, nicht signifikante Lernzuwachs ($d=.16$ bzw. $d=.18$) für das Konstrukt b zeigt, dass Lernende nicht automatisch die Vorstellungen über den kontinuierlichen Aufbau der Materie aufbauen, wenn sie sich intensiv mit Struktur-Eigenschaftsbeziehungen beschäftigen. Dabei spielt es keine Rolle, ob diese mit dem Größeneffekt oder dem konventionellen Erklärungsmuster betrachtet werden.

Das Teilchenmodellverständnis (Konstrukt c) hat im Gegensatz dazu in beiden Gruppen signifikant zugenommen. Dieses legt ein implizites Erwerben eines tieferen Modellverständnisses bei der Erklärung von Stoffeigenschaften durch Strukturen der submikrosko-

pischen Repräsentationsebene nahe. Die Ergebnisse zeigen auch, dass der Veränderlichkeit der Eigenschaft im Nano-Größenbereich kein besonderer Einfluss auf das Teilchenmodellverständnis zukommt. Für die Interventionsgruppe beträgt Cohens d .27, für die Kontrollgruppe .24.

Diese ersten Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass die Behandlung von Größeneffekten das Potenzial hat die Erklärungslücke zwischen der Teilchen- und der Stoffwelt zu schließen. Auf diese Weise können mentale Modelle der Teilcheneigenschaften entstehen, die konsistent die phänomenologische Welt mit der modellhaften Teilchenwelt verbinden. Weitere statistische Analysen und weitere Untersuchungen sind nötig, um diese Schlussfolgerungen zu untermauern.

Literatur

- American Association for the Advancement of Science AAAS (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York, Oxford: Oxford University Press
- Bailer-Jones, D. (2002). *Naturwissenschaftliche Modelle: Von Epistemologie zu Ontologie*. In *Argument und Analyse - Sektionsvorträge, GAP4 e-Proceedings*. Paderborn: Mentis Verlag, 1-11
- Beerenwinkel, A. (2006). *Fostering conceptual change in chemistry classes using expository texts*. Dissertation. Bergische Universität, Wuppertal. Verfügbar unter: <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-1134/dg0602.pdf>
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. & Silberstein, J. (1986). Revision of course materials on the basis of research on conceptual difficulties. *Studies in Educational Evaluation*, 12, 213-223
- Fechner, S. (2009). *Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education*. Bd. 95. Berlin: Logos Verlag
- Gilbert, J. & Treagust, D. (2009). Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship Between Them: Key Models in Chemical Education. In J. Gilbert & D. Treagust (Hrsg.),
- Heller, K. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision. Göttingen: Hogrefe
- Johnstone, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7 (3), 75-83
- Kozma, R. (2000). The use of multiple representations and the social construction of understanding in chemistry. In M. Jacobson & R. Kozma (Hrsg.), *Innovations in Science and Mathematics Education: Advanced Design for Technologies of Learning*. Hillsdale: Erlbaum, 117-147
- Mikelskis-Seifert, S. (2002). *Die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern*. Berlin: Logos Verlag
- Schnotz, W. (1988). Textverstehen als Aufbau mentaler Modelle. In H. Mandl & H. Spanda (Hrsg.), *Wissenspsychologie*. München: Psychologie Verlags Union, 299-330

Cross-Age Peer Tutoring in Physik – Rolle und Lernerfolg

Einleitung

Die hier vorgestellte Studie wurde innerhalb eines größeren Projektes zu Cross-Age Peer Tutoring in Physik (CAPT) durchgeführt. Es handelte sich dabei um eine Forschungs-Bildungs-Kooperation (Sparkling Science Projekt), die vom österreichischen Ministerium für Wissenschaft und Forschung finanziert wurde. Im Rahmen dieses Projektes hatten die beteiligten Schülerinnen und Schülern verschiedene Rollen: Die, die als Tutoren oder in der Doppelrolle Tutees/Tutoren aktiv am Prozess beteiligt waren und jene, die ausschließlich als Tutees passiv teilnahmen. Das Sample, aus dem die Stichprobe entnommen wurde, scheint auf den ersten Blick sehr heterogen zu sein, sodass sich ein guter Teil der Studie auch mit der Analyse der Voraussetzungen beschäftigt.

Theoretischer Hintergrund

Peer und Cross-Age Peer Tutoring ist eine der vielfältigen kooperativen Lernmethoden. Peer Tutoring war in seinen Anfängen dazu gedacht, einen Lehrermangel zu kompensieren oder wurde als klassische Nachhilfe eingesetzt (Fogarty & Wang, 1982), wobei hier der Fokus auf dem Lernerfolg der Tutees lag. Im Laufe der Zeit veränderten sich die Einsatzbereiche und damit auch die Forschungsschwerpunkte u.a. hin zu den Tutoren. Peer Tutoring wird als komplexer, wechselseitiger Prozess angesehen und bedarf somit einer modernen Definition, die allen Aspekten gerecht wird: *„People from similar social groupings who are not professional teachers helping each other to learn and learning themselves by teaching“* (Topping, 1996). Stammen Tutoren aus unterschiedlichen Altersgruppen, spricht man von Cross-Age Peer Tutoring (Gaustad, 1993), wobei hier in der Literatur aus Metastudien die Implikationen gefunden werden kann, dass der Altersabstand nicht zu groß sein sollte (Fogarty & Wang, 1982). Außerdem sind kürzere, strukturierte Programme, die auf Basis von Cross-Age arbeiten und einfachere Aufgaben behandeln, erfolgreicher (Cohen, Kulik & Kulik, 1982).

Eine aktuellere Metastudie von Rohrbeck et al. (2003) weist auf Lernerfolge bei Primarschülerinnen und Schülern aus städtischen Ballungsräumen, niedrigeren sozialen Schichten und Angehörigen von Minoritäten hin. Ähnliche Ergebnisse zeigt die Metastudie von Robinson (2005), die auch Angehörige von Minoritäten und Risikoschülerinnen und Schüler untersucht, aber die Altersstufen bis zur 9. Schulstufe behandelt. Es wird darauf hingewiesen, dass längere Tutoring Programme nicht unbedingt effektiver sind und dass in der Gruppe der Tutoren überraschende Lernzuwächse gefunden werden können. Topping (1996) analysiert die Effektivität von Peer Tutoring an Colleges und Universitäten. Studien, die die 5. bis 8. Schulstufe betreffen, sind erstaunlich selten.

Beim Studium der Literatur bleibt auch offen, ob sich diese Unterrichtsmethode zur Vermittlung physikalischer Inhalte eignet. Denn gerade in diesem Fach findet man die sehr spezielle Situation vor, dass Lernende einen Konzeptwechsel vollziehen müssen, weg von ihren mitgebrachten Alltagsvorstellungen hin zu wissenschaftlich anschlussfähigen Konzepten (Duit & Treagust, 2003). Daraus ergeben sich für diese Studie die folgenden Forschungsfragen:

- Kommt es durch CAPT zu einem Wissenszuwachs in Bereichen der Elektrizitätslehre für Schülerinnen und Schüler der 5. bis 8. Schulstufe?

- Inwieweit profitieren Tutoren von dieser Methode?
- Wie hängen die Ergebnisse im Posttest mit den verschiedenen Rollen im Tutoringprozess zusammen?
- Welche Prädiktoren lassen sich für die Posttestergebnisse finden?

Forschungsdesign

An der Studie nahmen 9 beforschte Klassen aus vier Schulen von der 6. bis 8. Schulstufe teil und weitere fünf Primarschulklassen, die ein Tutoring erhielten, aber nicht mit quantitativen Methoden beforscht wurden. Der Altersunterschied zwischen Tutoren und Tutees lag bei ein bis vier Jahren. Die Auswahl der Klassen erfolgte so, dass das Sample möglichst breit gestreut war, was den sozio-ökonomischen Hintergrund und die Verteilung ländlich-städtische Umgebung betraf.

Inhaltlich wurden für die Intervention Themen aus der Elektrizitätslehre gewählt. Geleitet an den bekannten Ergebnissen der Forschung zu Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre (Wiesner, 2004) wurden Lernmaterialien erstellt. Aus einem konzeptuellen Wissenstest zur Elektrizitätslehre (Urban-Woldron & Hopf, 2012) wurden die Items, die sich genau auf diese Vorstellungen beziehen, ausgewählt. Es wurde ein Prä- Post- Follow-up Testdesign gewählt. Der Prätest fand vor der Intervention statt, die mit einer Einschulung (Mentoring) für die zukünftigen Tutoren begann. Nach dem eigentlichen Tutoring wurde ein Posttest durchgeführt, vier bis sechs Wochen darauf ein Follow-up Test. Durch Absprache mit den Klassenlehrerinnen wurde versucht sicher zu stellen, dass alle Klassen vor und während der Testphase keine weiteren Instruktionen in Elektrizitätslehre hatten. Das Tutoring erfolgte mit ganzen Klassen, überwiegend in einem eins-zu-eins Setting, die Paarungen waren zufällig.

Aufgrund der Anzahl und Struktur der beteiligten Klassen gab es verschiedene Abläufe. Im einfachsten Fall agierte eine höhere Klasse (1) als Tutorenklasse, aus einer niedrigeren (Klasse 2) stammten die Tutees. In manchen Fällen arbeitete diese höhere Klasse (1) mit einer weiteren niedrigeren (3), führte also ein zweites Tutoring durch. Bei der dritten Variante bekam die niedrigere Tutee-Klasse (2) nach erfolgtem Tutoring ein eigenes Mentoring und gab ihr Wissen danach an eine weitere Klasse (4) weiter. So arbeiteten die Schülerinnen und Schüler aus der Klasse 1 ausschließlich als Tutoren, die aus Klasse 2 in der Doppelrolle Tutee/Tutor und jene aus Klasse 3 und 4 ausschließlich als Tutees. Auf diese Weise haben alle neun beteiligten Klassen eine der drei Varianten durchlaufen.

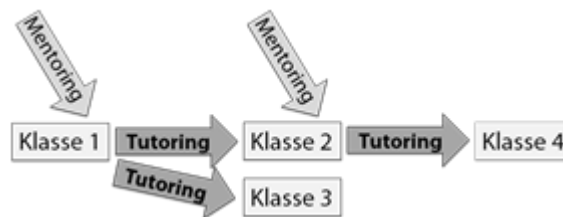


Abb. 12: Varianten möglicher Tutoringprozesse

Datenanalyse

Es wurden die Testergebnisse von n=172 Schülerinnen und Schülern analysiert. Bei einer repräsentativen Verteilung von Jungen und Mädchen waren 55 % Tutoren, 25 % Tutees und Tutoren und 20 % ausschließlich Tutees. 68 % der Schülerinnen und Schüler hatten Deutsch als Muttersprache. Mittels sorgfältiger Varianzanalysen konnte gezeigt werden, dass die Zuordnung der Rollen hinsichtlich der Prätestergebnisse zufällig erfolgte. Durch einen t-Test konnte in weiterer Folge gezeigt werden, dass sich die Schülerinnen und Schüler im Posttest gegenüber dem Prätest hochsignifikant steigern (Effektstärke: 0,46). Tiefere Analysen

beschäftigten sich im Anschluss mit der Frage nach dem Unterschied im Lernzuwachs anhängig von den Rollen. Es konnte nicht nur gezeigt werden, dass hier ein hochsignifikanter Unterschied existiert, durch Analyse mit geplanten Kontrasten konnte dargestellt werden, dass dieser Unterschied zwischen der aktiven Rolle (Tutoren, Tutees/Tutoren) und der passiven Rolle (Tutees) liegt. Ein zusätzlicher Vergleich von Schülerinnen und Schülern in der Tutorenrolle und in der Doppelrolle (Tutees/Tutoren) gibt keine Hinweise auf Dosiseffekte.

Zusammenfassend wurden die Posttestergebnisse auf Basis der obigen Resultate gemeinsam mit demographischen Daten mittels multipler linearer Regression (MLR) modelliert. Es zeigt sich hierbei, dass die Prädiktoren, die zum Schätzen der Posttestergebnisse entscheidend sind, das Prätestergebnis, die Rollenzugehörigkeit (aktiv/passiv) und die Muttersprache sind. Das Modell weist ein korrigiertes $R^2 = 0,254$ auf, mit $F_{\text{empir}} = 17,004$ ($p < 0,001$) und eine Effektstärke von 0,34. Hingegen sind sowohl die letzte Physiknote als auch das Geschlecht keine signifikanten Prädiktoren für das Posttestergebnis.

Diskussion und Ausblick

Für die Beantwortung der Forschungsfragen ergibt sich somit, dass Cross-Age Peer Tutoring in der 5. bis 8. Schulstufe zu einem signifikanten Lernzuwachs in der Elektrizitätslehre führt. Weiterhin konnten die Ergebnisse früherer Studien bestätigt werden, wonach auch Tutoren von dieser Methode profitieren (Effektstärke 0,43), sogar in einem höheren Maß als Tutees (Effektstärke 0,26). Das mag für weitere Implementierung in den Schulalltag von Bedeutung sein. Für jene in der Doppelrolle, die eine längere Intervention genossen, zeigten sich allerdings keine Dosiseffekte, was aufgrund der einzelnen, gezielt adressierten Schülervertretungen und der Ergebnisse aus der Literatur auch zu erwarten war. Die MLR zeigt eine erwartete Abhängigkeit der Posttestergebnisse vom Prätest und der Rolle, allerdings auch von der Muttersprache. Darüber hinaus kann man interpretieren, dass Noten in der Schule keine verlässlichen Prädiktoren sind. Interessanter Weise zeigt sich keine signifikante Abhängigkeit vom Geschlecht, was darauf hinweist, dass diese Unterrichtsmethode für Mädchen wie für Jungen gleichermaßen geeignet ist.

Für weitere Untersuchungen wäre es wünschenswert längere Interventionen, auch zu anderen Themen aus der Physik, zu erproben und Lernprozesse detailliert hinsichtlich eines Konzeptwechsels zu erforschen. Während hier ein over-all Effekt beschrieben wird, wäre es daneben interessant, Tutor-Tutee Paare gezielt aufgrund ihres Vorwissens zu koppeln.

Literatur

- Cohen, D. K., Kulik, J. A. & Kulik, C. L. C. (1982). Educational Outcomes of Tutoring - A Meta-Analysis of Findings. *American Educational Research Journal*, 19 (2), 237-248
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International journal of science education*, 25 (6), 671-688
- Fogarty, J. L. & Wang, M. C. (1982). An Investigation of the Cross-Age Peer Tutoring Process: Some Implications for Instructional Design and Motivation. *The Elementary School Journal*, 82 (5), 451-469
- Gaustad, J. (1993). Peer and Cross-Age Tutoring: ERIC Clearinghouse on Educational Management Eugene, Oreg.
- Robinson, D. R., Schofield, J. W. & Steers-Wentzell, K. L. (2005). Peer and Cross-Age Tutoring in Math: Outcomes and Their Design Implications. *Educational Psychology Review*, 17 (4), 327-362
- Rohrbeck, C. A., Ginsburg-Block, M. D., Fantuzzo, J. W. & Miller, T. R. (2003). Peer-Assisted Learning Interventions With Elementary School Students: A Meta-Analytic Review. *Journal of Educational Psychology*, 95 (2), 240-257
- Topping, K. J. (1996). The effectiveness of peer tutoring in further and higher education: A typology and review of the literature. *Higher Education*, 32 (3), 321-345
- Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012). Testinstrument zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18
- Wiesner, H. (2004). *Schülervertretungen zur Elektrizitätslehre und Sachunterricht*. Köln: Aulis Verlag Deubner

Das Experiment – eine Lerngelegenheit? Ergebnisse aus der trinationalen Videostudie „Quality of Instruction in Physics“

Mit der trinationalen Videostudie „Quality of Instruction in Physics“ wurden zwei Hauptziele verfolgt: 1) den Physikunterricht im 9. bzw. 10. Schuljahr in Finnland, Deutschland und der Schweiz zu charakterisieren und 2) vorgängig definierte Qualitätsmerkmale im Unterricht zu identifizieren (Neumann et al., 2010). Der aktuelle Beitrag bezieht sich auf das Ziel 2) und widmet sich im Speziellen den Qualitätsmerkmalen experimentellen Handelns. Ergebnisse zu 1) finden sich u.a. in Börlin et al. (2010).

Die Identifizierung und Interpretation einer Qualität erfolgt vor dem Hintergrund eines theoretischen Verständnisses. Was wird im Folgenden unter der Qualität experimentellen Handelns verstanden? Die aufgeworfene Frage hängt davon ab, wie experimentelles Handeln definiert wird.

„[...] the core purpose of practical activity in science teaching is to help the student make links between the domain of objects and observable things, and the domain of ideas.“ (Millar et al., 1999).

Die hier vertretene Auffassung einer Qualität experimentellen Handelns basiert auf der zitierten Definition einer „practical activity“ und der Frage, welche Eigenschaften die Verbindung der erwähnten Wissensdomänen, „the domain of objects and observable things“ und „the domain of ideas“, verbessern. Drei Eigenschaften, im Weiteren als Perspektiven bezeichnet, werden dabei postuliert: experimentelles Handeln als *kontextorientierte*, als *reflexive* und als *theoriegeleitete* Aktivität. Die Perspektiven gehen zurück auf Arbeiten von Hodson (1993), Harlen & Wake (1999), Millar et al. (1999) u. a. Auf die Perspektiven wird bei der Beschreibung des Ratinginstruments weiter eingegangen.

Ratinginstrument

Zur Bewertung der Qualität experimentellen Handelns wurde ein Ratinginstrument entwickelt, das vorangehenden Überlegungen folgt (Börlin, 2012). Das Instrument ist entsprechend der drei Perspektiven, nachfolgend konkret als *Kontextorientierung*, *Reflexivität* und *Theorieleitung* bezeichnet, strukturiert (siehe Tab. 1). Die den Perspektiven zugeordneten Facetten werden im Weiteren kurz vorgestellt. Jede Facette wurde auf einer 4-Punkt-Likert Skala von zutreffend bis nicht zutreffend eingeschätzt.

Kontextorientierung: *Fachimmanente Einbettung:* Experimente knüpfen stark an Fachinhalte an. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Phase der Vorbereitung des Experiments, bei der die Lehrperson Fachinhalte mit der bevorstehenden Experimentiereinheit in Verbindung bringt. *Lebensweltliche Einbettung:* Experimente setzen bei der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler an; beispielsweise indem sie Phänomene aus dem Alltag zum Thema machen oder an aktuellen gesellschaftlichen Problemstellungen anknüpfen. *Zielklarheit:* Die Fragestellung bzw. das Ziel der Experimentiereinheit ist für die Schülerinnen und Schüler verständlich. **Reflexivität:** *Prozessreflexion:* Experimentelles Handeln wird als ein Prozess aufgefasst. Lehrpersonen beziehen sich auf die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Experiment. Sie ermutigen dabei die Schülerinnen und Schüler, ihre Erkenntnisse zu reflektieren. *Ergebnisreflexion:* Letztere Facette bezieht sich auf Reflexionen während der

gesamten Experimentiereinheit. Demgegenüber beschreibt die *Ergebnisreflexion* die Verarbeitung der Ergebnisse am Ende der Experimentiereinheit. Rater beurteilen hierbei, inwiefern die Lehrperson die ursprüngliche Fragestellung wieder aufnimmt und vor dem Hintergrund der Ergebnisse diskutiert. **Theorieleitung:** *Kognitiver Anspruch:* Der kognitive Anspruch der Experimentiereinheit passt zu den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler. *Theoretische Fundierung:* Die Lehrperson verbindet das Experiment mit einer qualitativen Vorstellung, die während des Handelns und bei der Interpretation der Ergebnisse präsent ist. *Begriffsbildung:* Lehrende verwenden korrekte, adäquate Fachbegriffe und weisen auf die unterschiedliche Bedeutung im Fach- und Alltagskontext hin.

Kategorie / Perspekt.	Facetten	Abkürz.	Skalen
Allgemeiner Teil	Funktion	FU	8 Ausprägungen
	Offenheit	OF	4 Ausprägungen
Kontextorientierung	Fachimmanente Einbettung	EB1	4-Punkt Likert
	Lebensweltliche Einbettung	EB2	4-Punkt Likert
	Zielklarheit	ZK	4-Punkt Likert
Reflexivität	Prozessreflexion	PR	4-Punkt Likert
	Ergebnisreflexion	ER	4-Punkt Likert
Theorieleitung	Kognitiver Anspruch	KA	4-Punkt Likert
	Theoretische Fundierung	TF	4-Punkt Likert
	Begriffsbildung	BB	4-Punkt Likert

Tab. 1: Zusammenfassung der verwendeten Kategorien und Perspektiven mit zugehörigen Abkürzungen und Skalenniveaus.

Method

Das beschriebene Instrument wurde zur Analyse einer Teilstichprobe von insgesamt 68 Experimentiereinheiten aus 45 Doppelstunden eingesetzt. Die Stichprobe beinhaltete pro Land jeweils 15 Doppelstunden, wobei alle Schultypen vertreten waren. Weiter wurden nur Doppelstunden für die Analyse vorgesehen, in denen mindestens eine der Experimentiereinheiten mehr als 15 Minuten dauerte.

Zwei Rater beurteilten durchgängig alle 68 Experimentiereinheiten anhand des zuvor beschriebenen Instruments unabhängig voneinander. So konnten die Intraklassenkoeffizienten für die ganze Teilstichprobe berechnet werden, wobei mittlere Übereinstimmungen¹ erzielt wurden.

Ergebnisse

Die Ergebnisse aus dem Ratingverfahren zeigen, dass die postulierten Qualitätsmerkmale in den analysierten Experimentiereinheiten insgesamt wenig ausgeprägt sind (Abb. 1). Im Gegensatz zur Sichtstrukturanalyse sind in der Tiefenstrukturanalyse kaum länderspezifische Unterschiede nachweisbar (vgl. erster Charakter der Klassencodes in Abb, D=Deutschland, F=Finland und S=Schweiz).

Beispielhaft werden die Ergebnisse der Facetten *Zielklarheit*, *Ergebnisreflexion* und *Theoretische Fundierung* erläutert. *Zielklarheit* (Median 3, trifft teilweise zu): Die Fragestellungen bzw. Ziele werden meist nur teilweise klar präsentiert. Dafür mag das verbreitete kleinschrittige Vorgehen verantwortlich zu machen sein. Geäußerte Ziele und Fragestellungen beziehen sich außerdem meist auf konkrete Handlungen und dabei weniger auf den konzeptuellen Hintergrund. *Ergebnisreflexion* (Median 3, trifft teilweise zu): Oft werden Experimente zusammengefasst, wobei ein übereiltes Abschließen, fehlende Ergebnissicherung und das Offenlassen der ursprünglichen Problemstellung hierbei die häufigsten

¹ Bei EB1, EB2, ER, KA und TF ist ICC3>.6, bei ZK, PR und BB gilt: .45<ICC3<.6.

Mängel darstellen. *Theoretische Fundierung* (Median 4, trifft nicht zu): Qualitative und anschauliche Beschreibungen von physikalischen Phänomenen wurden selten festgestellt. Häufig ist dagegen die formale Beschreibung anhand von Gesetzmäßigkeiten zu beobachten, wobei hierbei fast immer ein induktives Vorgehen gewählt wird.

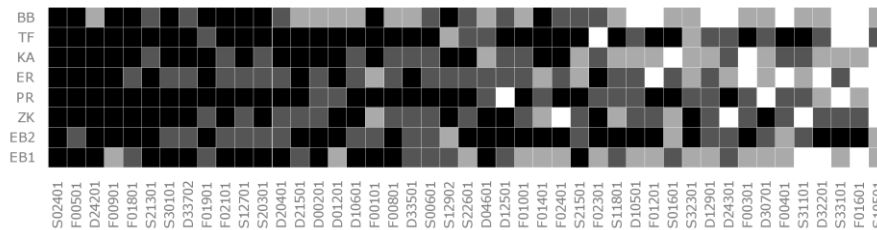


Abb. 1: Jede Spalte entspricht der Gesamtbewertung aller Experimentiereinheiten einer Doppelstunde, d.h. einer Klasse. Die Zeilen entsprechen den Bewertungen einer Facette aller Doppelstunden. Von weiß=trifft zu bis schwarz=trifft nicht zu.

Diskussion

Die Ergebnisse der Tiefenstruktur zeigen eine experimentelle Praxis im Unterricht des 9. Schuljahres, die sehr deutlich von den Materialien, Objekten, aber auch Messgrößen ausgeht (vgl. Abb. 1, Facette TF).² In den allermeisten Fällen sind die Experimentiereinheiten von einem eher geringen kognitiven Anspruchsniveau, gemessen an den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler (KA). Die den Experimenten zugeordneten Funktionen *das Durchführen von Messungen* und *eine Gesetzmäßigkeit plausibel machen* unterstreichen diesen Befund, wobei die Lehrperson meist ein induktives, kleinschrittiges Vorgehen wählt (FU und OF, vgl. Börlin, 2012).

Die Betonung des Handelns und der Objekte geht mit einer weitgehenden Ausblendung von qualitativen Vorstellungen einher (TF). Dieser Umstand mag auf eine unangemessene Vorstellung vom Experiment und der damit verbundenen Unterschätzung der kreativen Leistung bei der Entwicklung einer Vorstellung zurückzuführen sein.

Literatur

- Börlin, J. (2012). Das Experiment als Lerngelegenheit: Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität (Dissertation). Berlin: Logos Verlag
- Börlin, J., Junge, C., & Labudde, P. (2010). Sichtstrukturmerkmale des Physikunterrichts: Ein Ländervergleich. GDCP Jahrestagung in Dresden 2009. Berlin: Lit Verlag, 386-388
- Harlen, W. & Wake, R. (1999). Effective Teaching of Science. The Scottish Council for Research in Education.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22 (1), 85-142
- Millar, R. (2009). Analysing practical activities to assess and improve effectiveness: The Practical Activity Analysis Inventory (PAAI). York: Centre for Innovation and Research in Science Education
- Millar, R., Le Maréchal, J.-F., and Tiberghien, A. (1999). 'mapping' the domain: Varieties of practical work. In *Practical Work in Science Education - Recent Research Studies*, Vol. 1. Roskilde University Press, 33-59
- Neumann, K., Fischer, H., Labudde, P. & Viiri, J. (2010). Physikunterricht: Deutschland, Finnland und die Schweiz im Vergleich. GDCP Jahrestagung in Dresden 2009. Berlin: Lit Verlag, 383-385

² Millar (2009) verwendet in diesem Zusammenhang den Begriff „objects-driven“ anstelle von „ideas-driven“.

Kompetenzzuwächse im Physikunterricht: Multifaktorielle Analysen

Hintergrund und Forschungsfrage

Bisherige Analysen im Rahmen der trinationalen Schulleistungsuntersuchung QuIP (Quality of Instruction in Physics Comparing Finland, Germany and Switzerland) haben einzelne Teilaspekte der Qualität des Physikunterrichts in Deutschland (GER), Finnland (FIN) und der Schweiz (CH) analysiert. In dem hier vorliegenden Beitrag wird der Einfluss verschiedener Prädiktoren von Kompetenzzuwächsen gemeinsam modelliert. Ausgangspunkt der Untersuchung waren (1) die Feststellung bedeutsamer Unterschiede in der naturwissenschaftlichen Kompetenz zwischen OECD-Staaten im Rahmen der internationalen Large-Scale Assessments des Bildungswesens wie etwa PISA 2006 und (2) die Feststellung, dass empirische Analysen in der Bildungsforschung die Bedeutung multifaktorieller Erklärungen unterstreichen, in denen institutionelle Rahmenbedingungen, individuelle Charakteristika der Schülerinnen und Schüler sowie ihrer Lehrkräfte und schließlich Merkmale der Unterrichtsqualität gleichermaßen berücksichtigt werden sollten. Entsprechende Analysen sollen Rückschlüsse zur Erklärung des Kompetenzrückstands deutscher sowie Schweizer Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht erlauben. Aus der Forschung zu Determinanten des Schulerfolgs wurden folgende relevante Merkmale extrahiert:

- Als institutionelle Rahmenbedingung steht neben Konsequenzen von Leistungsgruppierungen der Schülerinnen und Schüler (etwa in verschiedene Schulformen) immer wieder die Klassengröße (z. B. Hattie, 2005) in der Diskussion.
- Im Rahmen des individuellen Lernpotentials der Schülerinnen und Schüler (z. B. Helmke & Schrader, 2001) sind einerseits kognitive Fähigkeiten, aber auch Interesse bzw. allgemeine und situative Motivation sowie Aspekte des familiären Hintergrunds zu berücksichtigen.
- Des Weiteren ist das Professionswissen von Lehrkräften mit der Differenzierung in Fachwissen (CK) und fachdidaktischem Wissen (PCK) hervorzuheben (z. B. Riese & Reinhold, 2010).
- Zur Strukturierung von Unterrichtsmerkmalen wurde grob der Unterscheidung von Reusser (2009) in Ziel- und Stoffkultur, Lehr-/Lernkultur und Kommunikations- und Unterstützungskultur gefolgt. Unter dem Aspekt der Ziel- und Stoffkultur sei hier die Qualität der Wissensstrukturen (Helaakoski, in Vorb.) sowie die Qualität experimentellen Handelns (Börlin, 2012) bei der Erkenntnisgewinnung verstanden. Unter dem Aspekt der Lehr-/Lernkultur wurden die Ausprägung an konstruktivistischer Orientierung der Lehrkraft (von Arx & Labudde, 2012), die Formen einer angemessenen Unterrichtsstrukturierung (Geller, in Vorb.) sowie eine störungspräventive Klassenführung berücksichtigt. Unberücksichtigt blieb hier der bei Reusser (2009) ebenfalls aufgeführte Aspekt der Kommunikations- und Unterstützungskultur.

Bei den Analysen im Kontext von QuIP stehen Unterrichtsmerkmale im Zentrum. Im Besonderen bildete sich die Forschungsfrage heraus, welche dieser Merkmale der Unterrichtsqualität Kompetenzzuwächse in CH, FIN und GER im Physikunterricht unter Kontrolle allgemeiner Determinanten von Schulleistungen erklären.

Methode

Die Datengrundlage stellt der trinationale Datensatz zu Qualitätsmerkmalen des Physikunterrichts der Untersuchung QuIP mit drei Messzeitpunkte (Prä-Testung;

Videokodierung von zwei Unterrichtsstunden; Post-Testung) dar (N = 2135, 103 Klassen). Unterrichtsmerkmale wurden mit überwiegend hoch-inferenter Videokodierungen erfasst. Die verwendeten Fragebögen und Testinstrumente stammen zum einen aus dem Kontext von PISA-2006 (Frey et al., 2009) und stellen zum anderen Eigenkonstruktionen dar, wie etwa der Kompetenztest zur Anwendung von physikalischem Fachwissen (Geller, Neumann, Boone & Fischer, in Vorb.). Als Prädiktoren der Post-Test-Leistung im Kompetenztest wurden unter Kontrolle von Vorwissen (Prä-Test) auf der ersten Ebene („Schülerebene“) berücksichtigt:

- Kognitive Grundfähigkeiten der Schülerinnen und Schüler, erfasst über Maße zum figuralen Denken und zu numerischen Fähigkeiten
- Die Schülermotivation, erfasst über das Selbstkonzept im Fach Physik sowie die instrumentelle Motivation
- Der sozioökonomische Hintergrund der Schülerinnen und Schüler, erfasst über die klassisch-kulturellen, lern- und computerbezogenen Besitztümern der Familie
- Der Migrationsstatus.

Auf der zweiten Ebene („Unterrichts- und Lehrkraftebene“) wurden berücksichtigt:

- Die Klassengröße
- Das Fachwissen der Lehrkraft in den beiden Bereichen Elektrizitätslehre und Mechanik
- Das fachdidaktische Wissen der Lehrkraft, erfasst über curriculares Wissen sowie über die Fähigkeit zum Einschätzen von Schwierigkeiten mit physikalischen Inhalten
- Die Qualität von Wissensstrukturen, erfasst über die Anzahl paarweiser konzeptueller Verbindungen (Helaakoski, in Vorb.), sowie die Qualität experimentellen Handelns, erfasst über die fachimmanente Einbettung des Experimentes und die Ergebnisreflexion (Börlin, 2012), als zwei Aspekte der Ziel- und Stoffkultur
- Die konstruktivistische Orientierung, erfasst über die nach von Arx und Labudde (2012) faktorenanalytisch bestimmten Skalen „gelenkte Konstruktion“ und „eigenständige Konstruktion“, die Strukturierung von Lerngelegenheiten, erfasst über den prozentualen Anteil der für den Aufbau und die Flexibilisierung konzeptuellen Wissens verwandten Unterrichtszeit (Geller, in Vorb.), sowie die störungspräventive Klassenführung, erfasst durch Indikatoren zur effektiven Zeitnutzung des Unterrichts ohne Verzögerungen und zur Störungsprävention/-intervention im Unterrichtsverlauf, als drei Aspekte der Lehr-Lernkultur.

Der hier verwendete statistische Ansatz des Mehrebenen-Rasch-Modells (Kamata, 2001) ermöglicht eine gemeinsame Schätzung von Messmodell (zur Erfassung der Schülerleistung mit Hilfe kompetenzbasierter Items) und Strukturmodell (zur regressionsanalytischen Erklärung dieser Leistungsstreuung) unter Berücksichtigung der geschachtelten Datenstruktur (Schülerinnen und Schüler geschachtelt in Schulklassen). Die Prädiktoren im Strukturmodell wurden mit Hilfe der zuvor aufgeführten Indikatoren latent modelliert.

Erste Ergebnisse

Auf der „Schülerebene“ besitzen Vorwissen ($\beta = 0.232$) und kognitive Grundfähigkeiten ($\beta = 0.431$) einen signifikant positiven Einfluss auf die Post-Test-Leistung, auf der „Unterrichts- und Lehrkraftebene“ findet sich ein signifikant positiver Effekt des Fachwissens ($\beta = 0.191$). Die Klassengröße übt in diesem Modell einen signifikant negativen Effekt ($\beta = -0.015$) aus. Unter Berücksichtigung dieser Merkmale finden sich zudem für die meisten Unterrichtsmerkmale positive Effekte, allerdings erreichen nur einzelne Merkmale (Qualität des experimentellen Handelns mit $\beta = 0.079$, störungspräventive Klassenführung mit $\beta = 0.122$) die Signifikanzgrenze ($\alpha = 0.05$). Die mittleren Post-Test-Leistungen in Deutschland und der Schweiz unterscheiden sich unter Kontrolle von Vorwissen nicht signifikant ($\beta = 0.139$), finnische Schülerinnen und Schüler erzielen hingegen signifikant bessere Leistungen als deutsche ($\beta = 0.330$).

Diskussion

Erste Ergebnisse verweisen auf einen kleinen Beitrag verschiedener Unterrichtsmerkmale als Prädiktoren von Kompetenzzuwächsen im Physikunterricht in CH, FIN und GER unter Kontrolle allgemeiner Determinanten von Schulleistungen, wobei unter Berücksichtigung dieser Merkmale ein signifikanter Leistungsvorsprung finnischer Schülerinnen und Schüler bestehen bleibt. Nachfolgende Analyseschritte sollen folgende Aspekte einbeziehen:

- Die Untersuchung länderspezifischer Besonderheiten im Rahmen sogenannter Mehrgruppenmodelle, welche es ermöglichen, den Einfluss von Prädiktoren der Kompetenzzuwächse in den drei Ländern separat zu schätzen.
- Die Berücksichtigung von vermittelten Effekten im Rahmen von Pfad- oder Strukturgleichungsmodellen.
- Die Berücksichtigung weiterer Output-Merkmale von Unterricht wie sie etwa die Optimalklassen-Forschung (z. B. Schwippert, 2002) mit einer niedrigen klasseninternen Leistungsstreuung sowie einer niedrigen Kopplung von Kompetenzzuwächsen und sozioökonomischem Status beschreibt.

Literatur

- Arx, M. von & Labudde, P. (2012). Identifikation konstruktivistischer Merkmale mittels hoch-inferentem Ratingverfahren. In S. Bernholt. (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP), Jahrestagung in Oldenburg 2011. Berlin: LIT Verlag,
- Börlin, J. (2012). *Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*. Berlin: Logos
- Frey, A., Taskinen, P., Schütte, K., Prenzel, M., Artelt, C. Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. & Pekrun, R. (Hrsg.) (2009). *Pisa 2006 Skalenhandbuch. Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster: Waxmann
- Geller, C. (in Vorb.). *Strukturierung von Lerngelegenheiten im Physikunterricht – Eine ländervergleichende Analyse von Prozessmustern und seinen Wirkungen*.
- Geller, C., Neumann, K., Boone, W. & Fischer, H.E. (in Vorb.). *What makes the difference? Assessing of what students learn about electricity in three different countries*.
- Helaakoski, J. (in Vorb.). *Content and content structure: country-level comparisons and connections to students' learning outcomes in the trinationl large scale assessment QuIP*.
- Hattie, J. (2005). *The paradox of reducing class size and improving learning outcomes*. *International Journal of Educational Research*, 43, 387-425
- Helmke, A. & Schrader, F.-W.(2001). *School achievement, cognitive and motivational determinants*. In N.J. Smelser & P.B. Baltes (Hrsg.), *International encyclopedia of the social and behavioral sciences*. Oxford: Pergamon,
- Kamata, A. (2001). *Item Analysis by the Hierarchical Generalized Linear Model*. *Journal of Educational Measurement*, 38, 79-93
- Reusser, K. (2009). *Unterricht*. In S. Andresen, R. Casale, T. Gabriel, R. Horlacher, S. Larcher Klee & J. Oelkers (Hrsg.), *Handwörterbuch Erziehungswissenschaft*. Weinheim: Beltz Verlag, 881-896
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). *Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften*. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 176-187
- Schwippert, K. (2002). *Optimalklassen: Mehrebenenanalytische Untersuchungen. Eine Analyse hierarchisch strukturierter Daten am Beispiel des Leseverständnisses*. Münster: Waxmann

Rollenspiele über den Klimawandel

Hintergrund

Der Klimawandel ist seit vielen Jahren nicht mehr nur ein Thema innerhalb der Naturwissenschaften. Er ist zu einer der großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit geworden (Ekborg & Areskoug, 2006). Der Klimawandel kann ein prototypischer Inhalt sein, über solche gesellschaftlichen Fragestellungen zu lernen (Duschl & Osborne, 2002), da er sowohl authentisch als auch präsent in den Medien ist und offene Diskussionen über verschiedene Handlungsoptionen erlaubt. Solche Themen weisen ein hohes Potenzial auf, überfachliche Kommunikations- und Bewertungskompetenz zu schulen (Marks, Burmeister, Lippel & Eilks, 2012). Daher wurde im Projekt „Der Klimawandel vor Gericht“ parallel in den Fächern Biologie, Chemie, Physik und Politik durch Partizipative Aktionsforschung (Eilks & Ralle, 2002) Unterricht mit dem Ziel entwickelt, einen Beitrag zur Förderung dieser überfachlichen Kommunikations- und Bewertungskompetenz zu leisten (Eilks et al., 2011). Als gemeinsame Methodik wurden in allen vier Fächern unterschiedlich ausgeformte Rollenspiele durchgeführt.

Methode

Für diese Studie (Belova, Feierabend & Eilks, im Druck) wurden Rollenspiele in 20 Lerngruppen aus dem Projekt „Der Klimawandel vor Gericht“ (5 Lerngruppen je Fach) videografiert und anschließend transkribiert. Zur Auswertung wurde mit gegenstandsbezogener Theoriebildung (Strauss & Corbin, 1990) ein detailliertes Auswertungsraster entwickelt. Handlungsleitende Fragen, die sich früh in der Analyse des Datenmaterials ergaben, waren:

- Kommt zwischen den Schülerinnen und Schülern eine Debatte auf?
- Woher stammen die hervorgebrachten Argumente?
- Wie komplex sind die Argumente?

In der Auswertung ergaben sich aus den Fragen drei Hauptkategorien: Bezug, Domäne und Niveau. Jeder Kategorie wurde eine Dimension mit mehreren Abstufungen zugeordnet und das Material anschließend in thematisch zusammenhängenden Sinneinheiten kodiert. Am Ende wurde jedes Rollenspiel als ein Fließschema dargestellt, um eine Typisierung der verschiedenen Rollenspiele zu ermöglichen.

Als Beispiel für eine der Dimensionen, die sich aus dem Datenmaterial ergab, sei hier die Kategorie Niveau dargestellt. Die Dimension dieser Kategorie basiert neben dem Datenmaterial auf der Arbeit von Feierabend, Stuckey, Nienaber und Eilks (im Druck), die wiederum auf Wilson und Sloane (2000) und Kauertz et al. (2010) zurückgreift (Abb. 1).

Kürzel/Symbol	Beschreibung
N0	Kein Zusammenhang mit dem Thema erkennbar
N1	Einzelne Aussage ohne Begründung
N2	Mehrere Aussagen ohne Begründung
N3	Eine Aussage/mehrere Aussagen mit mindestens einer Begründung
N4	Mehrere Aussagen mit Begründungen (<i>fundierte</i>)
N5	Eine oder mehrere Aussagen mit Begründungen und Schlussfolgerungen (<i>reflektiert</i>)

Abb. 1: Niveau der Argumente

Ergebnisse und Diskussion

Aus der Kategorie „Bezug“ konnte festgestellt werden, dass in der Regel ein Gesprächsfluss aufkam. Die Schülerinnen und Schüler nahmen häufig aufeinander Bezug und gingen auf ihr Gegenüber ein. Dies drückte sich auch in den Fließschemata aus. Hierzu wurde jede Sinneinheit als Kombination von drei Kürzeln für die drei Kategorien dargestellt. In dieser Form wurden die Sinneinheiten dann in chronologischer Form miteinander in Bezug gesetzt. Weitere Elemente verdichteten diese Darstellung zu den Fließschemata (Belova et al., im Druck). Die Lernenden blieben oft längere Zeit bei einem Thema. So ergaben sich Gesprächsstränge über jeweils mehrere Wortmeldungen. Meist waren die Gespräche lebhaft; in kritischen Situationen konnte der Gesprächsfluss durch die Lehrkraft wieder eingefangen werden. Zu Abbrüchen kam es nur selten. Auf Basis der Fließschemata wurden die Rollenspiele typisiert, wobei sich vier Haupttypen herausarbeiten ließen. Die Rollenspiele bewegten sich von stark von außen (durch die Lehrkraft bzw. ein Schülergremium) gelenkt, so dass offene Diskussion stark gebremst wurden, bis hin zu sehr teilweise offenen bzw. sehr offenen Debatten. Etwa ein Drittel der Rollenspiele konnte als teilweise offen und damit interaktiv auf mittlerem Niveau und ein Drittel sogar als sehr offen charakterisiert werden. Lerngruppen aus höheren Jahrgängen und auf gymnasialem Niveau agierten intensiver und mehr im Sinne des Rollenspiels, wenn die Struktur und die Lehrkräfte dies zuließen, als jüngere Lerngruppen und solche auf Realschulniveau.

Bei der Herkunft der Argumente wurde zwischen den Naturwissenschaften und Alltag/Gesellschaft/Politik differenziert; in seltenen Fällen war die Herkunft auch nicht eindeutig. Die überwiegende Mehrheit der Argumente stammte nicht aus dem naturwissenschaftlichen Bereich. Im Fach Biologie war nur jedes siebte, in der Chemie immerhin jedes dritte Argument naturwissenschaftlichen Ursprungs. Im Fach Politik war die Anzahl naturwissenschaftlicher Argumente höher als in Physik oder Biologie. Scheinbar spielen in diesem Fach naturwissenschaftliche Bezüge durchaus mehr eine Rolle spielen, als dies häufig unterstellt wird.

Die Abstufungen im Niveau (Abb. 1) können den Anforderungsbereichen der KMK-Standards zugeordnet werden (KMK, 2004). Argumente ohne Begründung, im Sinne reiner Reproduktion (N1 und N2 des Rasters), können als parallel zum Niveau I der Bildungsstandards angesehen. Ein zweiter Typ von Aussagen stellt einfache Zusammenhänge zwischen einem Argument und dessen Begründung her (N3 des Rasters). Hier sehen wir im Sinne von einfachen Anwendungen eine Parallelität zum Niveau II der Bildungsstandards. Fundierte und reflektierte Aussagen mit mehreren Begründungen und/oder gar Schlussfolgerungen (entsprechend N4 und N5) drücken ein höheres Niveau ähnlich dem Niveau III der Bildungsstandards aus (siehe auch Feierabend et al., im Druck). In den Fächern Biologie, Chemie und Physik entsprachen über die Hälfte der Argumente im Sinne dieser Parallelität zu den Bildungsstandards dem Niveau I; nur weniger als jede fünfte Äußerung wurde dem Niveau III zugeordnet (siehe auch Feierabend et al., im Druck). Im Fach Politik entsprachen fast 50% der Äußerungen dem Niveau III. Wie sich aus den Fließschemata allerdings ersehen lässt, ist dies jedoch nicht im Rollenspiel selbst begründet. Hier waren die Schülerinnen und Schüler aufgefordert worden, am Anfang ihres Rollenspiels einen Vortrag über ihre Position zu halten. Diese Vorträge waren zuvor sehr genau vorbereitet worden und enthielten dementsprechend viele verknüpfte und begründete Argumente. Im anschließenden eigentlichen Rollenspiel unterschied sich die Dichte der Argumente auf Niveau III dann nicht mehr wesentlich von den anderen Fächern.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Ein Diskussion in den Rollenspielen kommt auf. Die eigentliche Diskussion bewegt sich in der Qualität der Argumente aber überwiegend auf einem wenig komplexen Niveau. Oftmals verlaufen die Rollen- und Planspiele über längere Phasen als ein Austausch auswendig gelernter Argumente. Die Mehrzahl dieser Argumente hat wenig Bezug zu Naturwissenschaft und Technik.

Zusammenfassung und Ausblick

In den Rollenspielen zeigte sich, dass die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler über ein so komplexes Thema wie den Klimawandel wirklich zu diskutieren und dabei auch fachliche Perspektiven einzubeziehen, sehr unterschiedlich sind. Sicherlich sollte man nicht voreilig folgern, dass es nur in ausgewählten Lerngruppen Sinn macht, mit den Schülerinnen und Schülern über ein so wichtiges und kontroverses Thema wie den Klimawandel zu diskutieren und dabei auf Rollen- oder Planspiele zurück zu greifen. Schließlich sind auch öffentliche Debatten, etwa in TV-Talkshows, häufig von eher plakativen Argumenten und Äußerungen geprägt, die ebenfalls nur in begrenztem Umfang auf wissenschaftlicher Information basieren. So sollte man ausgehend von dieser Studie vielleicht sogar fordern, dass Rollenspiele öfter und an unterschiedlichen Themen eingesetzt werden. Hier kann dann eine Reflexion über die Quelle und Komplexität der Argumentation auf der Basis der in dieser Studie entwickelten Methodik geschehen. Diese kann helfen, darüber zu lernen, auf welcher Basis und auf welchem Niveau auch in der Gesellschaft über naturwissenschaftlich-technische Fragestellungen diskutiert wird. Dies kann im Sinne des Lernens über gefilterte Information (Marks et al., 2012) einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung von gesellschaftsbezogener Kommunikations- und Bewertungskompetenz leisten. Erkennen konnte man aber auch, dass es nicht selten die Lehrkraft ist, die das wirkliche Spiel im Rollenspiel durch zu große Präsenz oder zu umfangreiche Vorgaben stark einschränkt. Verbesserungen an dieser Stelle wären dann ein Desiderat an die Lehrerbildung.

Literatur

- Belova, N., Feierabend, T. & Eilks, I. (im Druck). Rollenspiele und ihre Analyse in der Praxis eines Unterrichts zum Klimawandel. In D. Höttecke, J. Menthe, C. Höhle & I. Eilks (Hrsg.), *Handeln in Zeiten des Klimawandels – Bewerten Lernen als Bildungsaufgabe*. Münster: Waxmann
- Duschl, R. A. & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38 (1), 39-72
- Eilks, I., Feierabend, T., Höhle, C., Höttecke, D., Menthe, J., Mrochen, M. & Oelgeklaus, H. (2011). Bewerten Lernen und Klimawandel in vier Fächern – Erste Einblicke in das Projekt „Der Klimawandel vor Gericht“. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 64, 7-11 und 71-76
- Eilks, I. & Ralle, B. (2002). Partizipative fachdidaktische Aktionsforschung - ein Modell für eine praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. *Chemie konkret*, 9, 13-18
- Ekborg, M. & Areskoug, M. (2006). How student teachers' understanding of the greenhouse effect develops during a teacher education programme. *Nordic Studies in Science Education*, 5, 17-29
- Feierabend, T., Stuckey, M., Nienaber, S., & Eilks, I. (im Druck). Two approaches for analyzing students' competence of 'evaluation' in group discussions about climate change. *International Journal of Environmental and Science Education*
- Kauertz, A., Fischer, H., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpusky, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135-153
- KMK (2004). *Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (Biologie, Chemie, Physik)*. München: Luchterhand
- Marks, R., Burmeister, M., Lippel, M. & Eilks, I. (2012). Bewerten lernen, gefilterte Information und der gesellschaftskritisch-problemorientierte Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 32 (127), 32-36
- Strauss, A. & Corbin, J. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded Theory procedures and techniques*. Beverly Hills: Sage
- Wilson, M. & Sloane, K. (2000). From principles to practice: An embedded assessment system. *Applied Measurement in Education*, 13, 181-208

Bifokales Experimentieren¹ und die Sprachentwicklung von Grundschulkindern

Ausgangslage und Ziele der Studie

Sprachdefizite wirken sich negativ auf die Leistungen in allen Schulfächern aus (Baumert et al., 2001). Darüber hinaus belegt eine Fülle von Studien negative Einflüsse auf die kognitiv-intellektuelle, soziale und psychisch-emotionale Entwicklung von Menschen (z.B. Lindsay et al., 2002, Baker & Cantwell, 1987, Durkin & Conti-Ramsden, 2010). In Deutschland haben ca. 20-25 % der Kinder vor oder bei Einschulung Sprachförderbedarf (BMBF, 2008). Gleichzeitig thematisieren deutschsprachige Naturwissenschaftsdidaktiken das Phänomen "Sprache" meist problematisierend, da Diskrepanzen zwischen Alltags- und Fachsprache die Kommunikation im Unterricht erschweren. Als beispielhafte Reaktion auf die zunehmenden bildungspolitischen Forderungen, Sprachkompetenzen in jedem Unterricht zu fördern - z.B. durch die Empfehlung "*Förderung in der deutschen Sprache als Aufgabe des Unterrichts in allen Fächern*" durch das Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (1999) - fragt ein physikdidaktischer Artikel im Jahr 2005: "*Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten*"? (Leisen, 2005). Nur wenige naturwissenschaftsdidaktische Ansätze nehmen eine positive Sichtweise auf das Phänomen der Sprache ein (Lück, 2009; Scheuer et al., 2010). Wir verfolgen diese konstruktive Perspektive, indem wir das Experimentieren mit Blick auf die Sprachentwicklung von Kindern untersuchen.

Dass Kinder im Elementarbereich am Experimentieren sehr interessiert sind, ist belegt (Lück, 2000); ebenso gilt dies für Grundschulkindern (Risch, 2006) und kognitiv beeinträchtigte Kinder (Langermann, 2006). Zudem lässt sich zuverlässig beobachten, dass Kinder beim Experimentieren über das Erlebte sprechen wollen (hohe Sprechmotivation) und bei interessanten Experimenten ausdauernd mit den Händen bei der Sache sind. Bestandteil des Experimentierprozesses sind zudem mehrere und verschiedenartige Sprechansätze, die eine vielfältige, aber strukturierte Kommunikation zu einer per se interessanten Sache ermöglichen. Auf Basis dieser Ausgangslage wurde das bifokale Experimentieren in das Zentrum der Studie gerückt – also Experimentieren, das neben der naturwissenschaftlichen Grundbildung auch die Sprachförderung in den Fokus rückt.

Forschungsfrage und Design der Studie

Qualitative Forschung kann neben der Generierung wissenschaftlicher Erkenntnisse auf die praxisrelevanten Wissenszielen (Flick, 2007; Denzin & Lincoln, 2005). So fragt unsere "nutzeninspirierte Grundlagenforschung" (Stokes, 1997) in einer Hypothese danach, ob Kinder beim Experimentieren neben naturwissenschaftlichen Kenntnissen auch ihre Sprachkompetenzen verbessern können; parallel sondiert sie jedoch Gelingensbedingungen für bifokales Experimentieren im Sachunterricht, z.B. Kriterien für "gute Experimente zur Sprachförderung", probate didaktische Herangehensweisen sowie förderliche logistische Rahmenbedingungen und verknüpft diese mit lerntheoretischen Grundaussagen wie z.B. der Handlungsorientierung (Dewey, 1933).

Die Interventionen dieser explorativen Praxisstudie fanden in zwei ersten Klassen an Sprachförderschulen statt. Der Sprachtest zur Hypothese wurde im Pre-/Post-Test-Design erhoben und semi-quantitativ ausgewertet; alle Interventionen wurden durch zeitnahe

¹ Experimentieren mit Fokus auf naturwissenschaftliche Grundbildung *und* Sprachförderung.

Erlebnisprotokolle (unterstützt durch Video-Aufzeichnungen) dokumentiert und per Qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet (Mayring, 2008).

Ergebnisse und Diskussion

Die Sprachkompetenz-Hypothese wurde als "Zuwachs richtiger Objektbenennungen" operationalisiert. Ein Pre-/Post-Test-Design ermöglichte den Vergleich korrekter Benennungen direkt vor und ca. drei Monate nach den Interventionen. Um den Einfluss des eigenen Experimentierens abzubilden, wurde allen Items ex post eine Kategorie zugewiesen, die die Verwendung beim Experimentieren widerspiegelte, als a/Experimentiergegenstand, b/"passiver Gegenstand", der gesehen, aber nicht selbst verwendet wurde oder c/nicht benutzter Gegenstand. Dies ermöglichte die Analyse der Frage, ob die eigene handelnde Auseinandersetzung mit Items sich auf die Quote richtiger Benennungen auswirken würde.

Marinellie (2004) analysiert als Trigger für die Verankerung von Begriffen im Wortschatz neben der Häufigkeit ihrer Verwendung und der Vorstellbarkeit der Sache die Vertrautheit mit ihr sowie die Schwierigkeit des Begriffes, also dessen Wortform. Da die Daten der Sprachtests mit diesen vier Faktoren nicht hinreichend erklärt werden konnten, erweiterten wir um zwei Parameter, die sich aus der Analyse von Items ergeben haben: Zum einen ist die von der Sache ausgehende Motivation ein Trigger-Faktor - also das direkte Interesse an einer Sache *oder* die erlebte Notwendigkeit für die Verwendung eines Begriffes. Zum zweiten bestätigte sich, dass die oben beschriebene Verwendungskategorie der Items ("Experimentier-Gegenstände", "passive", "nicht benutzte") die Verankerung von Worten im semantischen Lexikon beeinflusst: Die Experimentier-Items verzeichneten mit über 30 Prozentpunkten den höchsten Zuwachs, gefolgt von den "passiven" Gegenständen mit knapp 17 Prozentpunkten und 7,5 Prozentpunkten für nicht verwendete Gegenstände.²

Obwohl diese Studie keinen Anspruch auf eine abschließende, quantitative Evaluation eines methodisch exakt isolierbaren Verankerungsfaktors erhebt, konnte sie an einer Vielzahl vergleichender Item-Analysen zeigen, dass neben dem intrinsischen Interesse an Dingen die eigene, handelnde Aktivität ein Faktor für die Verankerung von Begriffen im Wortschatz ist.

Die Ausschreibung der Tagung forderte auf, unterstützende Rahmenbedingungen für das "Forschende Lernen" in der Schule zu beschreiben. Dabei wurden die Selbstorganisation der Lernenden sowie ihr wissenschaftsadäquater Erkenntnisprozess herausgestrichen.

Für beide Aspekte kann in der Grundschule grundlegend Propädeutisches geleistet werden. Eine sinnvolle Abfolge von Experimentierschritten kann durch Lehrende kultiviert werden, unter Ausnutzung des natürlichen Interesses und der hohen Sprechmotivation der Kinder. Wird das Experimentieren bifokal geplant, also auch mit Blick auf die Sprachförderung, so lassen sich die verschiedenen Sprechansätze zum gründlichen *Aufbau des Wortschatzes en passant* nutzen, aber auch zum wiederholenden Verwenden (und damit "Üben") bestimmter *grammatischer Strukturen* (z.B. "ich beobachte" plus Akkusativ-Deklination). Unter *sprachpragmatischen* Gesichtspunkten ist der Diskurs beim Experimentieren Anlass, eine wissenschaftskompatible Gesprächskultur zu etablieren.

Die Didaktik des Sachunterrichts benennt Funktionsziele, die *„übergreifende Einstellungen und Haltungen bei den Kindern grundlegen und anbahnen. Dies geschieht [...], wenn Kinder lernen, in Gruppen kooperativ [...] zusammenzuarbeiten oder [...] mit [...] Messungen, Beobachtungen, Versuchen oder Befragungen selbst Erkenntnisse zu gewinnen und sie so*

² Die Experimentier-Items waren vorab am wenigsten bekannt und konnten so höhere Zuwächse bekommen. Doch obwohl in allen Kategorien höhere Steigerungen möglich gewesen wären, wurde eine vollständige Benennung nicht erreicht. "Zuwachs an richtigen Benennungen" bleibt für die Untersuchungsfrage die relevante Bezugsgröße.

den Unterschied zwischen bloßem Meinen und abgesichertem Wissen erfahren“ (Feige, 2007, S. 267). Höttecke (2008) spricht dem Experimentieren eine Sozialisationsfunktion zu, da sein prinzipiellen Vorgehensweisen (Explorieren, Generieren von Vermutungen, Überprüfen derselben) als Bausteine wissenschaftlichen Kultur angesehen werden können.

Ausblick

Diese chemiedidaktische Studie nähert sich qualitativ der Frage, wie(so) das Experimentieren ein probater Anlass für Sprachförderung sein kann. Wünschenswert wären interdisziplinär ausgerichtete, (psycho-)linguistische Studien zu den Auswirkungen des sprachpragmatischen Vorgehens beim experimentellen Diskurs (phänomenbasiertes, schlussfolgerndes Argumentieren, Zuhören, Einbeziehen der Argumente anderer) auf die sprachpragmatischen Sprachkompetenzen von Kindern. Auf Basis der von Höttecke postulierten Sozialisationsfunktion des Experimentierens könnte das Experimentieren im Sachunterricht *der Ort* sein oder werden, an dem auch Kinder bildungsferner sozialer Kontexte die Grundlagen wissenschaftlicher Diskussion kennenlernen und erlernen können.

Literatur

- Baker, L. & Cantwell, D.P. (1987). A prospective psychiatric follow-up of children with speech and language disorders. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 26, 131-158
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillman, K.-L. & Weiß, M. (Hrsg.) (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske und Budrich
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (Hrsg.) (2008). Referenzrahmen zur altersspezifischen Sprachaneignung (= Bildungsforschung Bd. 29/1). Bonn: BMBF
- Denzin, N. & Lincoln, Y.S. (Hrsg.) (2005). *The Sage Handbook of Qualitative Research*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications
- Dewey, J. (1933). *How we think. A restatement of the relation of reflective thinking to the education process*. Lexington, Massachusetts: D.C. Heath and Company
- Durkin, K. & Conti-Ramsden, G. (2010). Young people with specific language impairment: A review of social and emotional functioning in adolescence. *Child Language Teaching and Therapy*, 26, 105-121
- Feige, B. (2007). Vielperspektivischer Sachunterricht. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, D. von Reeken & S. Wittkowski (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 266-275
- Flick, U. (2007). *Designing Qualitative Research*. Los Angeles: Sage Publications
- Höttecke, D. (2008). Fachliche Klärung des Experimentierens. In GDCP (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung*. Münster: LIT-Verlag, 293-295
- Langermann, K. (2006). Akzeptanz naturwissenschaftlicher Phänomene bei geistig behinderten Vorschulkindern. Göttingen: Cuvillier
- Leisen, J. (2005). Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten? *Sprache und Physikunterricht*. *Unterricht Physik*, 16/87, 4-9
- Lindsay, G., Dockrell, J., Letchford, B. & Mackie, C. (2002). Self esteem of children with specific speech and language difficulties. *Child Language Teaching and Therapy*, 18, 125-143
- Lück, G. (2000). *Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. Untersuchungen zur Primärbegegnung von Kindern im Vorschulalter mit Phänomenen der unbelebten Natur*. Münster: LIT-Verlag
- Lück, G. (2009). *Naturwissenschaftliche Bildung und Sprache*. In Ministerium für Generationen, Familie, Frauen und Integration des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), *Kinder bilden Sprache – Sprache bildet Kinder*. Münster: Waxmann, 91-104
- Marinellie, S.A. (2010). Improving children`s formal word definitions: A feasibility study. *Child Language Teaching and Therapy*, 26, 23-37
- Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag
- Risch, B. (2006). *Entwicklung eines an den Elementarbereich anschlussfähigen Sachunterrichts mit Themen der unbelebten Natur*. Göttingen: Cuvillier
- Scheuer, R., Kleffken, B. & Ahlborn-Gockel, S. (2010). Sprachliche Bildung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), *Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht (= Tagungsband der Jahrestagung der GDSU)*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 169-179
- Stokes, D.E. (1997). *Pasteur's quadrant: Basic science and technology innovation*. Washington D.C.: Brookings Institution Press

C-Tests zur Diagnose fachbezogener sprachlicher Kompetenzen

Sprachliche Heterogenität kennzeichnet den Unterrichtsalltag in vielen Berliner Schulen und ist insbesondere seit der im Rahmen der Schulreform umgesetzten Zusammenlegung von Real- und Hauptschulen zu integrierten Sekundarschulen eine wachsende Herausforderung. Bereits die Ergebnisse aus PISA 2006 und der IGLU-E-Studie zeigen, dass die größten Disparitäten zwischen Schülerinnen und Schülern mit bzw. ohne Migrationshintergrund in der Domäne „Naturwissenschaften“ zu verorten sind (Prenzel et al., 2007; Bos et al., 2003). Die neueren PISA-Ergebnisse belegen, dass es bisher offenbar nicht hinreichend gelingt, diese bestehende Kluft zu verringern (Klieme et al., 2010). Sprachliche Defizite wirken sich demnach insbesondere in den naturwissenschaftlichen Sachfächern offenbar kumulativ aus (Baumert & Schümer, 2001). Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, dass Forderungen nach Konzepten durchgängiger Sprachbildung gestellt und bereits entwickelte naturwissenschaftsbezogene Konzepte zur integrativen und additiven Sprachbildung erfolgreich implementiert und systematisch evaluiert werden (Bolte & Pastille, 2010). Sowohl die Erstellung als auch die Evaluation solcher Konzepte erfordern geeignete diagnostische Methoden. Im Rahmen unserer Arbeiten hat sich der Einsatz von C-Tests zur Diagnose fachbezogener sprachlicher Kompetenzen bewährt (Streller, Hoffmann & Bolte, 2012).

Theoretischer Rahmen

Der C-Test gilt als ein etabliertes Verfahren der Sprachstandsdiagnostik zur Erfassung allgemeiner Sprachkompetenz (Baur, Grotjahn & Spettmann, 2006). C-Tests erfüllen die wissenschaftlichen Hauptgütekriterien und sind darüber hinaus höchst ökonomisch in ihrer Durchführung und Auswertung (Baur & Spettmann, 2007; Raatz, 2010). Grundlage des C-Tests ist eine durch systematische Tilgungen von Textteilen hervorgerufene reduzierte Redundanz. Das Prinzip besteht darin, „den Kontext eines Textes aus kleineren linguistischen Einheiten zu erschließen“ um die getilgten Textteile zu rekonstruieren (Linnemann, 2010, S. 200). In seiner ursprünglichen Form wurde beginnend mit dem zweiten Satz die hintere Hälfte jedes zweiten Wortes getilgt. Die für jüngere Probanden mit einem Zweitspracherwerbskontext adaptierte Version sieht eine entsprechende Tilgung bei jedem dritten Wort sowie eine modifizierte Auswertung vor. Neben dem sogenannten Richtig/Falsch-Wert (R/F-Wert), der eine Aussage über die absolute Richtigkeit einer Rekonstruktion zulässt, wird der sogenannte Worterkennungswert (WE-Wert) bestimmt, der die rezeptiven Fähigkeiten abbildet und somit eine Aussage über das Kontextverständnis der Probanden ermöglicht (Baur & Spettmann, 2007).

Um über die allgemeine Sprachkompetenz hinaus Fertigkeiten in definierten Domänen erfassen zu können, wird von Baur, Grotjahn und Spettmann (2006) beispielsweise zur Erfassung von Fertigkeiten im Bereich Fachwortschatz ein verändertes Tilgungsprinzip empfohlen. Obwohl der hier zu Grunde liegende lexikalische Schwerpunkt seine Berechtigung im Kontext fachsprachlicher Besonderheiten hat, halten wir es mit Blick auf die zahlreichen syntaktischen und textuellen Spezifika der Fachsprache für wenig effizient, ausschließlich auf diesen zu fokussieren (Roelcke, 2010). Aus diesem Grund findet im Rahmen unserer Arbeiten das klassische Tilgungsprinzip für C-Tests Anwendung.

Methode

Für die Konzeption eines naturwissenschaftsbezogenen C-Tests wurden vier naturwissenschaftsbezogene Lehrbuchtexte ausgewählt und nach den gängigen Regeln jeweils 20

Tilgungen vorgenommen. Zur Erfassung allgemeiner sprachlicher Kompetenzen konnte auf Vorarbeiten aus dem Arbeitskreis zurückgegriffen werden (Adamik et al., 2011; N'sir et al., 2011). Im Rahmen der Untersuchung sollten ca. 300 Schülerinnen und Schüler deutscher bzw. nichtdeutscher Herkunftssprache der Jahrgangsstufen 5 und 6 befragt werden.

Ergebnisse

Im Zuge unserer Untersuchung konnten 331 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 5 und 6 befragt werden, darunter 138 (41,7 %) deutscher sowie 193 (58,3 %) nichtdeutscher Herkunftssprache. Im Rahmen der wissenschaftlichen Güteprüfung konnten akzeptable Reliabilitätskoeffizienten bestimmt werden ($\alpha \geq 0.77$). Objektivität ist gegeben, da sowohl der Datenerhebung als auch deren Auswertung normierte Instruktionen zu Grunde liegen.

Die folgende Grafik zeigt die Ergebnisse der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich ihrer produktiven (RF) und rezeptiven (WE) Fähigkeiten im allgemeinsprachlichen (AS) sowie im naturwissenschaftsbezogenen (NW) Bereich (Abb. 1).

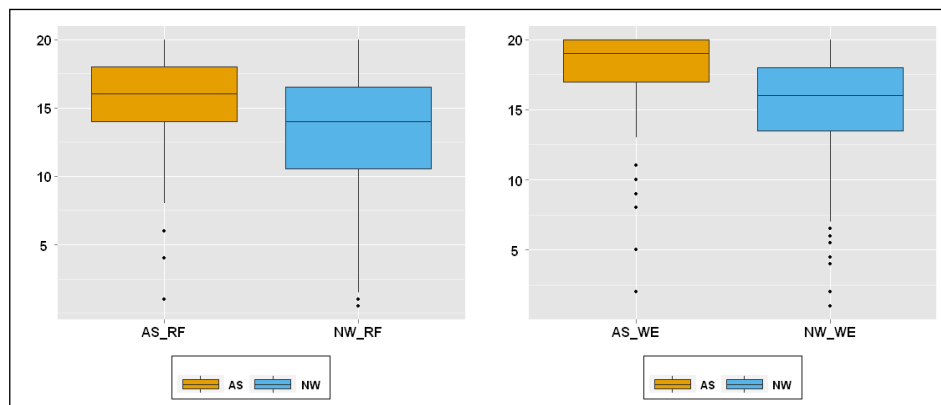


Abb. 1: Produktive und rezeptive sprachliche Fähigkeiten im allgemeinsprachlichen und naturwissenschaftsbezogenen Bereich

Aus der Grafik geht hervor, dass die rezeptiven sprachlichen Fähigkeiten die produktiven sowohl im allgemeinsprachlichen als auch im naturwissenschaftsbezogenen Bereich übersteigen und dass die Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftsbezogenen Bereich vergleichsweise schlechter abschneiden. Die ermittelten Unterschiede sind auf dem Niveau $p \leq 0.01$ statistisch signifikant.

Variable	MigH	N	M	SA	Signifikanzen	d
AS_RF	+	193	15,11	3,38]*	0,34
AS_RF	-	138	16,12	2,65		
AS_WE	+	193	17,46	4,02]**	0,41
AS_WE	-	138	18,43	1,94		
NW_RF	+	183	12,20	2,81]**	0,63
NW_RF	-	135	14,54	3,42		
NW_WE	+	183	14,56	3,87]**	0,67
NW_WE	-	135	16,67	3,42		

Tab. 1: Sprachliche Fähigkeiten im allgemeinsprachlichen und naturwissenschaftsbezogenen Bereich in Abhängigkeit von der Variable „Migrationshintergrund“ (MigH)

Die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler, die einen Migrationshintergrund aufweisen, sowohl im allgemeinsprachlichen Bereich als auch hinsichtlich des naturwissenschaftsbezogenen Bereichs statistisch signifikant schlechter abschneiden ($p \leq 0.01$, AS_RF: $p \leq 0.05$), wobei die Unterschiede in letzterem am größten sind. Für den naturwissenschaftsbezogenen Bereich ergeben sich mittlere Effekte.

Diskussion und Ausblick

Die dargestellten Ergebnisse stützen die Annahme, dass die verwendeten Instrumente geeignet sind, um rezeptive und produktive sprachliche Kompetenzen sowohl im allgemeinsprachlichen als auch im naturwissenschaftsbezogenen Bereich abzubilden. Des Weiteren konnten erwartete Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern deutscher bzw. nicht-deutscher Herkunftssprache identifiziert werden. Die eingesetzten Instrumente erfüllen die Gütekriterien der Objektivität und Reliabilität. Gegenstand der aktuellen Arbeit ist die Frage nach der Validität unserer eigens entwickelten naturwissenschaftsbezogenen C-Tests. Da eine direkte Kreuzvalidierung auf Grund des Mangels an entsprechenden Instrumenten nicht möglich ist, müssen hier andere Verfahren Anwendung finden. Im Rahmen dieser Betrachtungen wird auch der Einfluss des Tilgungsprinzips eine zentrale Rolle spielen.

Literatur

- Adamik, F., N'sir, I., Bolte, C. & Pastille, R. (2011). Diagnose naturwissenschaftsbezogener sprachlicher Kompetenzen. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. Münster: Lit, 143-145
- Baumert, J. & Schümer, G. (2001). Familiäre Lebensverhältnisse, Bildungsbeteiligung und Kompetenzerwerb. In D. PISA-Konsortium (Hrsg.), *PISA 2000 - Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen, 323-407
- Baur, R. S. & Spettmann, M. (2007). Kompetenzen testen - leicht gemacht. C-Test für die Orientierungsstufe. In C. Bainski & M. Krüger-Potratz (Hrsg.), *Handbuch Sprachförderung*. Essen: NDS, 123-131
- Baur, R. S. & Spettmann, M. (2007). Sprachstandsmessung und Sprachförderung mit dem C-Test. In B. Ahrenholz & I. Oomen-Welke (Hrsg.), *Deutsch als Zweitsprache*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH, 95-110
- Baur, R. S., Grotjahn, R. & Spettmann, M. (2006). Der C-Test als Instrument der Sprachstandserhebung und Sprachförderung. In J. Timm (Hrsg.), *Fremdsprachenlernen und Fremdsprachenförderung: Kompetenzen, Standards, Lernformen, Evaluation*. Tübingen: Narr, 389-406
- Bolte, C. & Pastille, R. (2010). Naturwissenschaften zu Sprache bringen. Strategien und Umsetzung eines sprachaktivierenden naturwissenschaftlichen Unterrichts. In G. Fenkart, A. Lembens, E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.), *ide extra - Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften*. Innsbruck: Studienverlag, 26-46
- Bos, W. et al. (Hrsg.) (2003). *Erste Ergebnisse aus IGLU - Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann
- Klieme, E., Artelt, C., Hartig, J., Jude, N., Köller, O. & Prenzel, M., et al. (Hrsg.) (2010). *PISA 2009 - Bilanz nach einem Jahrzehnt*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann
- Linnemann, M. (2010). C-Tests in der Ferienschule: Entwicklung, Einsatz, Nutzen und Grenzen. In Stiftung Mercator (Hrsg.), *Der Mercator-Förderunterricht*. Münster: Waxmann, 195-214
- N'sir, I., Adamik, F., Pastille, R. & Bolte, C. (2011). Naturwissenschaftsbezogene Sprachförderung im Ferienkurs „Mercator“. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Münster: Lit, 143-145
- Prenzel, M. et al. (Hrsg.) (2007). *PISA 2006 - Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster: Waxmann
- Raatz, U. (2010). C-Test. Abgerufen am 26. November 2010 von Der Sprachtest: http://www.c-test.de/deutsch/index.php?lang=de&content=beschreibung_theorie§ion=ctest
- Roelcke, T. (2010). *Fachsprachen*. Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG
- Streller, S., Hoffmann, M. & Bolte, C. (2012). KieWi & Co.: Sprachförderung im Kontext naturwissenschaftlichen Lernens. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Berlin: Lit, 572-574

Welche Schüler nutzen Physik-Onlineforen wozu? - Eine explorative Studie

Einleitung

Die Informationssuche im Internet ist für Schülerinnen und Schüler ein fester Bestandteil des Lernens geworden: z.B. nutzen etwa 76% das World Wide Web (WWW) für schulbezogene Recherchen (Hoyer et al. 2011, S.20). Neben den „statischen“ Webseiten des klassischen Web 1.0 finden sich als typische Vertreter des Web 2.0 Diskussionsforen über die (schulische) Physik. Erkenntnisse über diese Diskussionsforen, über ihre Funktion beim Physiklernen, über die Qualität ihrer physikalischen Aussagen in den Diskussionen und über die Nutzer liegen bisher nur vereinzelt vor.

In einer Feldstudie wurden daher Internet-Diskussionsforen zur Physik, die Schülerinnen und Schüler häufig besuchen, mit einfachen Mitteln explorativ untersucht. Die Studie besteht aus einer kategorialen Analyse von Sinnheiten der Dialoge, um zu erfassen, was in den Foren zu welchem Zweck diskutiert wird. Eine zweite Studie erfasst mit einer ersten Onlineumfrage unter den Forennutzern ebenfalls explorativ einfache deskriptive Merkmale dieser Population.

Stand der Forschung

Insgesamt hat sich die Richtigkeit der Aussage erwiesen, dass Jugendliche das WWW außerhalb der Schule für das schulbezogene Lernen nutzen (Hoyer et al. 2011, S.20). Daher ist es plausibel, dass das WWW auch für das Fach Physik genutzt wird. Schröter & Erb (2006) konnten in einer Fragebogenstudie zeigen, dass dies etwa 50% der Schülerinnen und Schüler tun. Diese Studie lässt offen, welche Rolle dabei die Anwendungen des Web 2.0 spielen.

Eine wichtige Frage beim Lernen mit dem Internet ist die Frage nach der fachlichen Qualität der dort zugänglichen Informationen. Zur Qualität der physikalischen Aussagen im WWW liegen ebenfalls nur vereinzelt Studien vor. So zeigt Acar Sesen (2010) durch eine qualitative Analyse von Webseiten zum Thema „Radioaktivität“, dass physikbezogene Informationen im Internet fachliche Fehler enthalten und zur Entstehung von Misskonzepten führen können. Wenn das WWW Fehler enthält, so ist weiter zu fragen, ob Schülerinnen und Schüler die im Internet gefundenen physikalischen Informationen kritisch betrachten? Nach Walraven et al. (2010) kann dies bezweifelt werden: Ihre Studie über das Lösen von Informationsproblemen mit Hilfe einer Internetrecherche liefert Hinweise, dass Jugendliche Informationen im Internet nicht nach dem Ausmaß ihrer fachlichen Richtigkeit bewerten. Die These der unkritischen Akzeptanz von Informationen aus dem WWW zeigt sich auch in der Wissendomäne Physik: Priemer (2004) kommt zu dem Schluss, dass Schülerinnen und Schüler dem Internet die gleiche Seriosität wie ihren Schulbüchern beimessen und die Notwendigkeit einer kritischen Bewertung nicht erkennen.

Internetinhalte zur Physik wurden somit nur selten in ihrer fachlichen Qualität untersucht – insbesondere gilt dies für die Inhalte des Web 2.0. Ebenso selten finden sich Untersuchungen zur kritischen Einstellung der Schülerinnen und Schüler zu der fachlichen Qualität von physikalischen Inhalten im Web 2.0.

Ziele und Design von Studie, Stichprobe, Datenmaterial und Instrumenten

Nach dem Stand der Forschung fehlt es also an detailliertem Wissen über die Nutzung des Web 2.0 durch Schülerinnen und Schüler zum Physiklernen. Physik-Onlineforen bieten sich als Forschungsfeld zur Generierung erster deskriptiver Daten an. Hinsichtlich der Frage nach der fachlichen Qualität von physikalischen Aussagen in Onlineforen erlaubt die Untersuchung von Ascar Sesen (2010) nur eine erste Hypothese: Auch in den Physik-Onlineforen finden sich inhaltliche Fehler und Widersprüche. Diese Hypothese wäre zu prüfen.

In einer zweiteiligen explorativen Studie wurden daher Internetforen zum Thema Physik, die von Schülerinnen und Schülern genutzt werden, als exemplarische Web 2.0-Applikation mit einfachen empirischen Methoden untersucht. Folgende Forschungsfragen (FF) wurden dabei verfolgt:

(FF1) Wozu werden derartige Onlineforen genutzt?

(FF2) Von welcher fachlichen Qualität sind die Informationen in Physikforen? D.h.: Sind die in den Antworten beschriebenen Rechnungen und Formeln korrekt? Werden die physikalischen Einheiten richtig verwendet? Sind die beschriebenen Lösungsansätze physikalisch richtig?

(FF3) Welche Schülerinnen und Schüler nutzen Internetforen zum Thema Physik?

(FF4) Verwenden Schülerinnen und Schüler angemessene Strategien, um die Richtigkeit der erhaltenen Informationen zu überprüfen?

Die Forschungsfragen wurden in zwei Teilstudien – einer qualitativen Textanalyse und einer Onlinebefragung – untersucht. In der ersten Teilstudie wurden zufällig ausgewählte Dialoge aus Physik-Onlineforen ($N = 50$) zum Thema Mechanik zur Beantwortung der Forschungsfragen (1) und (2) mit einer Methode kategorisiert, die an die qualitative Inhaltsanalyse von Mayring angelehnt ist (Staraschek, 2001, S. 273-277; Mayring, 2007). Das Thema Mechanik ist das am häufigsten diskutierte Thema in den Onlineforen – gemessen an der Anzahl verfasster Beiträge. Es erfolgte eine vollständige induktive Klassifizierung der Fragen, die in Physikforen gestellt werden (FF 1). Hier ergaben sich die folgenden Kategorien: Fragen zu mathematisch-orientierten Aufgaben („Rechenaufgaben“). Diese Kategorie beinhaltet überwiegend Fragen zu „Umform- und Einsetz-Aufgaben“, die für das Themengebiet Mechanik typisch sind. Des Weiteren finden sich in den Physikforen Fragen zu Aufgaben, deren Lösung keine mathematischen Operationen erfordert („Andere Aufgaben“). Eine dritte Kategorie sind Fragen nach Definitionen unbekannter Begriffe („Definitionen“). Außerdem werden in den Physikforen Fragen nach Erklärungen für unzureichend verstandene Sachverhalte gestellt („Verständnisfragen“). Die physikalisch-fachliche Qualität in Physikforen (FF 2) wurde nur über die Antworten in den Dialogen eingeschätzt. Folgende Kategorien wurden dazu theoriegeleitet erstellt: Physikalische Einheiten, Physikverständnis sowie physikalische Formeln und Rechnungen. Die Antworten in den Dialogen wurden bzgl. dieser Kategorien dichotom in falsch und richtig klassifiziert. Das Maß für die Güte der Kategorisierung lässt sich über Cohens κ bestimmen (Wirtz & Casper, 2002). Die erhaltenen Werte ($.63 < \kappa < .95$) gelten nach Wirtz und Casper (2002, S. 59) als Indikatoren für gute bis sehr gute Übereinstimmungen.

Die zweite Teilstudie zielte auf die Erhebung personenbezogener Daten mit Hilfe einer Onlineumfrage. Hierdurch konnten Ziele der Nutzung (FF 1), Alter, Geschlecht, Schulart und Klassenstufe der Untersuchungsteilnehmer erfasst werden (FF 3). Mittels einer Adaption der Subskala „Justification for knowing“ des ISEQ-Fragebogens (Bråten et al. 2005) zur Erfassung internetspezifischer epistemologischer Überzeugungen wurde mit sechs vierstufigen Items erfasst, in welchem Ausmaß die Nutzer der Foren eine kritische Überprüfung der erhaltenen Informationen vornehmen (FF 4). Dabei handelt es sich um eine

Selbsteinschätzung. Insgesamt nahmen 55 Schüler (39 männlich, 16 weiblich) an der Onlineumfrage teil.

Zusammenfassung der Ergebnisse und Diskussion

Welche Schüler nutzen Physik-Onlineforen und wie tun sie dies? Die ersten explorativen Ergebnisse zeigen, dass Physikforen überwiegend von männlichen Gymnasialschülern der Klassenstufen 8 bis 10 besucht werden (FF 3). Sie nutzen die Foren dabei hauptsächlich für die Bearbeitung von Hausaufgaben (FF 1). Da es sich um Aufgaben zur Mechanik handelt, beschäftigt sich die Mehrheit der geposteten Fragen zu mathematisch-orientierten Physikaufgaben. Die übrigen Fragen nehmen lediglich einen Anteil von 20% ein.

In den Antworten werden im Allgemeinen „nur“ Lösungshinweise – jedoch keine Komplettlösungen – angeboten. So sollen die Fragenstellenden angeleitet werden, ihre Aufgaben selbst zu lösen. Ein Viertel der Antworten (27%) enthält dabei physikalisch-falsche Lösungsvorschläge (FF 2). Lediglich jede fünfte Antwort (17%) enthält Fehler im Umgang mit physikalischen Einheiten. Vergleichbares ergibt sich für den Umgang mit Rechnungen und Formeln: 19% der Antworten enthalten fehlerhafte Rechnungen oder Formeln.

Eine eindeutige Tendenz im kritischen Umgang mit den erhaltenen Antworten ist nicht erkennbar (FF 4): Die Berechnung des durchschnittlichen Skalenwertes der Umfrageteilnehmer für die adaptierte Subskala „Justification for knowing“ ergab einen Wert von 9 (auf einer Skala von 0 bis 18). Das bedeutet: Die Schülerinnen und Schüler vertrauen weder übermäßig auf die Richtigkeit der Antworten, noch bewerten sie diese konsequent kritisch.

Da die Stichprobe nicht zweifelsfrei repräsentativ ist (kleine Stichprobe, ungewisse externe Validität der Onlineumfrage, hohe „Drop-Out“-Quote durch unvollständig ausgefüllte Fragebögen) sind die Daten nicht belastbar. Die getroffenen Aussagen nehmen daher den Status evidenzbasierter Hypothesen ein. Ihre Überprüfung muss in weiteren Untersuchungen erfolgen.

Hinweis: Gefördert durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Baden-Württemberg. Kooperatives Promotionskolleg „Effektive Lehr-Lernarrangements – Intervention und Evaluation in der pädagogischen Praxis“ der Universität Tübingen und der PH Ludwigsburg.

Literatur

- Acar Sesen, B. (2010). Internet as a Source of Misconception: „Radiation and Radioactivity“. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9 (4), 94-100
- Bråten, I., Strømso, H.I. & Samuelstuen, M.S. (2005). The relationship between Internet-specific epistemological beliefs and learning within Internet technologies. *Journal of Educational Computing Research*, 33, 141-171
- Hoyer, M., Huth, N. & Spahr, C. (2011). Jugend 2.0: Eine repräsentative Untersuchung zum Internetverhalten von 10- bis 18-Jährigen, http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM_Studie_Jugend_2.0.pdf, 10/12
- Mayring, P. (2007). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz
- Priemer, B. (2004). *Physiklernen mit dem Internet. Das World Wide Web als Informationsquelle für Schüler zur Erarbeitung des Themas „Die Entstehung der Gezeiten“*. Frankfurt am Main: Lang
- Schröter, E. & Roger, E. (2006). Befassen sich Jugendliche im Internet mit Physik? *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, (2), 105-116
- Staraschek, E. (2001). *Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs. Ergebnisse einer Evaluationsstudie*. Berlin: Logos
- Walraven, A., Brand-Gruwel, S. & Boshuizen, H. (2010). Fostering transfer of web searchers' evaluation skills: A field test of two transfer theories. *Computers in Human Behavior*, 26, 716–728
- Wirtz, M.A. & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen. Göttingen: Hogrefe

Jessie Best
 Meike Willeke
 Gesche Pospiech
 Antje Heine

Technische Universität Dresden

Das EU-Projekt SECURE (Science Education CURriculum REsearch)

Hintergrund

Dem nachlassenden Interesse vieler junger Menschen in Europa vor allem an naturwissenschaftlichen und technischen Fächern und der Mathematik auf der einen Seite steht die wachsende Nachfrage nach MINT-Fachkräften (Institut der deutschen Wirtschaft, 2012) auf der anderen Seite gegenüber. Das EU-Forschungsprojekt SECURE (7. Rahmenprogramm) hat sich vor dem Hintergrund der Empfehlungen aus dem Rocard-Bericht (Europäische Kommission, 2007) zur Aufgabe gesetzt, diese für Europas Zukunft entscheidende Lücke überwinden zu helfen. Eine vergleichende Untersuchung zur Lehrplangestaltung in den MINT-Fächern und deren Implementierung im Unterricht in zehn europäischen Ländern (Belgien (Flandern), Deutschland (Sachsen), Großbritannien, Italien, die Niederlande, Österreich, Polen, Schweden, Slowenien und Zypern) soll zur Ausarbeitung von Empfehlungen an die politisch Verantwortlichen führen, die langfristig dazu beitragen, diese Lücke zu schließen (SECURE-Antrag, 2010).

Ziele und Forschungsfragen

Ausgangspunkt des Projektes SECURE ist die Frage, wie das Interesse von Kindern für Mathematik, Naturwissenschaften, Technik und Informatik/Computer geweckt bzw. vergrößert werden kann und wie die Lehrkräfte die Wissbegierde bzw. das Herausbilden wissenschaftlichen Interesses unterstützen können. Das Projekt konzentriert sich dabei auf jüngere Kinder im Alter von 5, 8, 11 und 13 Jahren, deren ErzieherInnen und LehrerInnen und die verwendeten Bildungs- und Lehrpläne. Bereits in der frühkindlichen Phase werden positive Erfahrungen mit MINT-Sachverhalten als äußerst wichtig für die weitere Entwicklung der Einstellung angesehen und sollten als ein wichtiger Bestandteil der bildungsbiografischen Schiene betrachtet werden (Krüger, 2010). Dabei gilt es eine sinnvolle Balance im Spannungsfeld zwischen den Erfordernissen in der Heranbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses einerseits und den breiten gesellschaftlichen Bedürfnissen andererseits zu finden (KMK, 2009).

Die Untersuchungen gliedern sich in drei Bereiche mit nachfolgenden Kernfragen:

- Analyse der eingesetzten Bildungs- und Lehrpläne: Welche Vorgaben (z.B. bzgl. Inhalten und Methoden) machen die MINT-Lehrpläne für den Unterricht?
- Evaluation zur Umsetzung der MINT-Lehrpläne durch die Lehrkräfte: Welche Wahrnehmungen, Interpretationen und Erfahrungen äußern die Lehrkräfte zu den MINT-Lehrplänen?
- Erfassung der Wahrnehmungen/Erfahrungen der SchülerInnen während des MINT-Unterrichts: Welche Lernerfahrungen machen Kinder und SchülerInnen im Unterricht in den mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächern?

Instrumente und Durchführung

Die Analyse der eingesetzten Lehrpläne wird nach den von SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling, niederländisches Institut für Lehrplanentwicklung) entwickelten 10 Grundbeziehungen des Lehrplans, visualisiert im sogenannten *curricular spider web*, durchgeführt (siehe Abb. 1, Thijs & van den Akker, 2009). Der Kernpunkt und die neun

Verknüpfungen beinhalten die Bestandteile eines Lehrplans, wobei sie sich auf die Aspekte des Lehrens und des Lernprozesses der SchülerInnen beziehen.

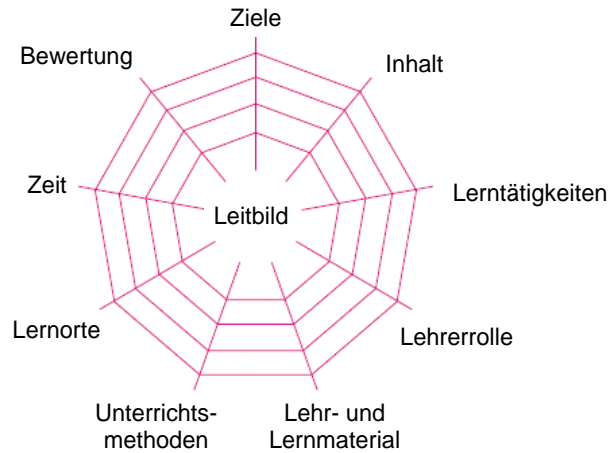


Abb. 1: curricular spider web nach SLO

Im Bundesland Sachsen wird für die Altersgruppe der 5-jährigen Kinder der sächsische Bildungsplan als Leitfaden für pädagogische Fachkräfte in Kinderkrippen und Kindergärten (Sächsisches Staatsministerium für Kultus, 2006) hinsichtlich der mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung analysiert. D.h. innerhalb der sechs Bildungsbereiche liegt der Fokus auf dem mathematischen (Ordnen) und dem naturwissenschaftlichen Bereich (Entdecken). Für die Gruppen der 8-, 11- und 13-jährigen SchülerInnen werden die entsprechenden Lehrpläne für Grund-, Mittelschule und Gymnasien näher betrachtet (Sächsisches Staatsministerium für Kultus). Die Umsetzung der Lehrpläne wird sowohl mit Hilfe von Fragebögen für SchülerInnen, ErzieherInnen und LehrerInnen der MINT-Fächer als auch in Gesprächen erhoben. Es wird erfragt, welche Lernerfahrungen Kinder in den MINT-Fächern machen, wie LehrerInnen und ErzieherInnen die MINT-Lehr- bzw. Bildungspläne wahrnehmen und wie ihre Erfahrungen bei deren Realisierung sind. Aus der Gegenüberstellung der offiziellen Dokumente wie des sächsischen Lehr- und Bildungsplans mit der Wirkung ihrer Implementierung können Schlussfolgerungen hinsichtlich der Frage gezogen werden, wie das Interesse von Kindern für Mathematik, Naturwissenschaften, Technik und Informatik/Computer geweckt bzw. vergrößert werden könnte. In Bezug auf deren Lehrkräfte soll beantwortet werden, wie diese die Wissbegierde bzw. das Herausbilden wissenschaftlichen Interesses unterstützen können.

Die verwendeten Erhebungsinstrumente (SECURE-Erhebungsinstrumentarien: Fragebögen und Gesprächsleitfäden, 2011) greifen die oben angeführten Grundprinzipien des Lehrplans auf. Sie wurden an die entsprechenden nationalen (sächsischen) Gegebenheiten angepasst und kamen während des Schuljahrs 2011/2012 in insgesamt 12 Kindergärten (mit Vorschülern), in 14 Grundschulen (Klassenstufe 3) und 14 Mittelschulen und Gymnasien (Klassenstufe 6 und 8) im Großraum Dresden zum Einsatz (Zeitraum Januar-Juli 2012). Mit den 5-jährigen Vorschülern wurden ausschließlich Gruppengespräche geführt. Insgesamt wurden in Grundschulen 254 SchülerInnen und 26 LehrerInnen und in weiterführenden Schulen 277 SchülerInnen und 36 Lehrkräfte der Klassenstufe 6 bzw. 235 SchülerInnen und 37 LehrerInnen der Klassenstufe 8 mittels Fragebögen befragt. Alle Fragebögen werden

zentral von den niederländischen Partnern für jedes Partnerland im Oktober/November 2012 quantitativ ausgewertet. Die qualitative Analyse der Gruppengespräche mit Kindern und Einzelinterviews mit deren ErzieherInnen und LehrerInnen wird nach Mayring (Mayring, 2011) durchgeführt.

MINT in frühkindlicher Bildungsphase in Sachsen

Die quasi Querschnittstudie in sächsischen Kindergärten (N = 12) liefert uns erste Aussagen aus Einzelgesprächen mit ErzieherInnen sowie aus Gruppengesprächen mit Vorschulkindern (N = 12 x 4). Während alle Einrichtungen nach sächsischem Bildungsplan arbeiten, variieren diese doch in ihren Konzepten (Reggio-, Freinet- oder Montessoripädagogik). Die Hälfte aller beteiligten Kitas richten jedoch verstärkt den Fokus auf die MINT-Ausbildung, welche sich widerspiegelt in Ausstattungs- bzw. Kooperationsformen: Experimentier-, Entdecker- und Werkstatttraum bzw. „Haus der kleinen Forscher“⁴⁶. In diesen Kindereinrichtungen entwickeln ErzieherInnen gemeinsam mit Kindern aus Alltagsinteresse heraus Projekte, die vor allem die belebte, aber auch die unbelebte Natur thematisieren. Dennoch wünscht ein Drittel der befragten ErzieherInnen Unterstützung in Form von Weiterbildungen oder in Kooperation mit Partnereinrichtungen und Grundschulen. Dabei erachten ErzieherInnen die Tätigkeit in Experimentierphasen als besonders wertvoll in Bezug auf entdeckendes Lernen. Diese Aussagen bestätigen, dass ein frühzeitiges Beschäftigen mit MINT-Sachverhalten die Neugierde bei Kindern entfacht und das erste Sachinteresse weckt (Aussage einer Erzieherin: „Die beste Schulvorbereitung ist das spielerische Entdecken naturwissenschaftlicher Phänomene und mathematischer Themen.“). Die Orientierung der ErzieherInnen-ausbildung auf Sachverhalte der unbelebten Natur (physikalisch-chemische Aspekte) können eventuelle Berührungsängste minimieren oder gar ganz abbauen (Lück, 1998). In diesem Zusammenhang erachten es ErzieherInnen als besonders wichtig, inhaltliche Anregungen und Ideen für die praktische Umsetzung der Lernziele des sächsischen Bildungsplans z.B. durch konkrete Experimente (Erzieherinaussage: „Eine gut gemachte Weiterbildung kann natürlich für solche Dinge (*gemeint ist MINT*) begeistern.“) zu erhalten.

Literatur

- Europäische Kommission (2007). Naturwissenschaftliche Erziehung JETZT: Eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocand-on-science-education_de.pdf
- Institut der deutschen Wirtschaft (2012). Fachkräftemangel kostet Milliarden. <http://www.iwkoeln.de/de/presse/interviews/beitrag/86660>
- KMK (2009). Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlichen-technischen Bildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.05.2009. http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-Empf-MINT.pdf
- Krüger, D. (2010). Genderkompetenz und Schulwelten: Alte Ungleichheiten - neue Hemmnisse. Wiesbaden: VS Verlag
- Lück G., & Demuth R. (1998). Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. CHEMKON, 71ff.
- Mayring, P. (2011). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11. akt. und überarb. Aufl., Weinheim: Verlag Beltz
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus (Hrsg.) (2006). Der Sächsische Bildungsplan - ein Leitfaden für pädagogische Fachkräfte in Kinderkrippen und Kindergärten. http://www.sachsen-macht-schule.de/schule/download/download_smk/saechsischer_bildungsplan.pdf
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus (Hrsg.). <http://www.bildung.sachsen.de/1745.htm>
- SECURE-Antrag (2010). Science curricula and their objectives: balancing the needs between training for future scientists and broader societal needs.
- SECURE-Erhebungsinstrumentarien (2011). Fragebögen und Gesprächsleitfäden von SLO in den Niederlanden ausgearbeitet und den zehn EU-Partnern in englischer Sprache zur Verfügung gestellt.
- Thijs, A., Akker, J. van den (2009). Curriculum in development. <http://www.slo.nl/downloads/2009/curriculum-in-development.pdf/>

Bearbeiten Mädchengruppen physikbezogene Aufgaben anders als Jungengruppen?

Die Forschungsliteratur zeigt eine Vielzahl an Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen Mädchen und Jungen im Bereich der Physik auf. Beispielsweise zeigen sich Gemeinsamkeiten und/oder Unterschiede in deren Interesse (u.a. Hoffmann, Häussler & Lehrke, 1998; Krapp & Prenzel, 2011), Selbstwirksamkeitserwartungen bzw. Selbstkonzept (u. a. Britner, 2008; Hong & Lin, 2011), Persistenz (u.a. Andre, Whigham, Hendrickson & Chambers, 1999; Ainley, Hillman & Hidi, 2002), Aktivitäten (u.a. Jones et al., 2000; Jovanovic & Steinbach-King, 1998; Osborne, Simon & Collins, 2003), Verhalten in Gruppen (u.a. Alexopoulou & Driver, 1997; Bennett, Hogarth, Lubben, Campbell & Robinson, 2010; Howe, 1997; Jones et al., 2000; Jovanovic & Steinbach-King, 1998; Rennie & Parker, 1987), Leistung (u.a. Britner, 2008; Greenfield, 1997) und motivational-emotionalen Erfahrungen (u.a. Ainley, Corrigan & Richardson, 2005; Jovanovic & Steinbach-King, 1998; Greenfield, 1997). Unklar ist aber bisher, wie sich oft aus Befragungen ergebende Unterschiede im Lernprozess von Mädchen und Jungen entfalten. Das Ziel der Studie ist es deshalb, Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen im Lernprozess zu untersuchen und auf dispositionale Faktoren (Interesse und die Selbstwirksamkeitserwartungen) zu beziehen. Neben Fragebögen zum Interesse und zur Selbstwirksamkeitserwartung kommen Videoaufzeichnungen zum Einsatz, in denen Prozessparameter wie Persistenz, Aktivitäten, Gruppenverhalten sowie kognitive und motivational-emotionale Dynamiken erfasst werden. Insbesondere soll dabei auf die Dynamiken der Aktivitäten von Mädchen und Jungen sowie deren Motivation/Emotion und geschlechtsspezifische Unterschiede fokussiert werden.

Forschungsfragen

- 1) Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede gibt es zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf ihre...
 - a) ...Persistenz und ihre sozialen Dynamiken?
 - b) ...kognitiven Dynamiken?
 - c) ...motivational-emotionalen Erfahrungen?
- 2) Gibt es eine Verknüpfung zwischen 1a), 1b) und 1c)?
- 3) Wie sind die Dynamiken aus der Forschungsfrage 1) verknüpft mit den Dispositionen der Schüler/innen (Interesse und Selbstwirksamkeitserwartung)?

Stichprobe, Vorgehen und Methoden

Für die Studie werden im Schülerlabor PiA¹ zum einen Daten mit einem Fragebogen erfasst, den alle Schüler/innen (Klassen 5 bis 11), die das Labor besuchen, ausfüllen. Der Fragebogen enthält 38 Items, um das individuelle thematische Sachinteresse an Physik, das individuelle allgemeine physikalische Sachinteresse und die Selbstwirksamkeitserwartung der Schüler/innen zu erheben. Die Items werden auf einer vierstufigen Likertskala eingeschätzt. Zum anderen werden geschlechtshomogene Schülergruppen (Zweier oder Dreiergruppen) bei der Bearbeitung von zwei Themen im Schülerlabor videographiert. Das Thema „Schwimmen und Sinken“ wird von Schüler/innen der Klassen 6 und 8, das Thema „Hebel“ von Schüler/innen der Klassen 8 und 10 bearbeitet. Pro Thema und Klasse werden vier bis

¹ PiA – Physik in Aktion; Schülerlabor der Physik der JLU Gießen.

sechs Mädchen- und vier bis sechs Jungengruppen aufgezeichnet. Diese Datenauswahl erlaubt die Kontrolle und den Vergleich von Geschlecht, Alter und Thema. Bis jetzt sind die meisten der benötigten Videodaten erhoben und die Fragebögen von ca. 730 Schüler/innen wurden ausgewertet. Um die dynamischen Aspekte im Video zu erfassen, wurde ein Kodierleitfaden entwickelt, der detaillierte Beschreibungen der einzelnen Variablen und deren Werte enthält. Die Videos werden mit der Software Observer XT 10.5 analysiert. Eine Übersicht über die im Video erfassten Variablen sowie zusätzlich die im Fragebogen erfassten Dispositionen liefert die Abb. 1.

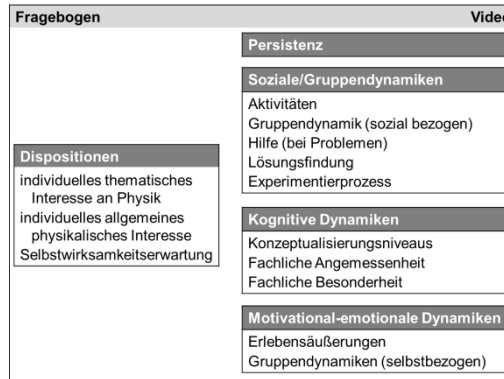


Abb. 1: Übersicht über die im Fragebogen und Video erfassten Variablen

Erste Ergebnisse

Die Auswertung des Fragebogens ergibt gute Reliabilitätswerte der drei verwendeten Skalen. Der Median² des individuellen thematischen Sachinteresses an Physik liegt bei 2,50, der Median des individuellen allgemeinen physikalischen Sachinteresses liegt bei 2,24 und der Median der Selbstwirksamkeitserwartung der Schüler/innen bei 2,93. Die Auswertung des Mann-Whitney-U-Tests zeigt, anders als erwartet, dass die Mädchen ein signifikant höheres individuelles thematisches Sachinteresse an Physik und ein signifikant höheres individuelles allgemeines physikalisches Sachinteresse als die Jungen haben, wobei wie erwartet die Selbstwirksamkeitserwartungen der Jungen signifikant höher sind als die der Mädchen. Aus den bisher ausgewerteten Fragebogendaten zeigt sich ebenfalls eine signifikante Abnahme des individuellen thematischen und allgemeinen Sachinteresses und der Selbstwirksamkeitserwartung von der Jahrgangsstufe 6 bis zur Jahrgangsstufe 10.

Eine erste Kodierung der Videos von drei Mädchen- und drei Jungengruppen aus Klasse 6, die jeweils drei Aufgaben aus dem Lernmaterial zum Thema „Schwimmen und Sinken“ in Zweiergruppen bearbeiteten, wurde auf Basis des vorläufigen Kodierleitfadens vorgenommen. Die Ergebnisse aus der kategorienbasierten Analyse deuten tendenziell auf Gemeinsamkeiten von Mädchen und Jungen hin; es zeigt sich eine ähnliche prozentuale Verteilung der durchgeführten Aktivitäten sowie eine ähnliche Anzahl fachlicher Beiträge, die eine ähnliche fachliche Angemessenheit aufweisen. Außerdem sind die Anzahlen der Erlebensäußerungen und gruppenspezifischer Kodierungen für Mädchen- und Jungengruppen ähnlich.

Neben Gemeinsamkeiten konnten auch tendenzielle Unterschiede bei der kategorienbasierten Analyse festgestellt werden. Die Ergebnisse deuten an, dass Mädchengruppen etwas länger für das Bearbeiten der Aufgaben benötigen als Jungengruppen. Bei den Aktivitäten verwendeten die Mädchen etwas mehr Zeit für Einträge ins Lernmaterial und Organisation, wobei die Jungen etwas mehr Zeit für fachliche Beiträge und Sonstiges (z.B. Beobachten oder Zuhören) aufwendeten. Bei der Betrachtung der fachlichen Beiträge zeigte deren Verteilung bei den Mädchen einen größeren Anteil an explorativen Beiträgen (hierzu zählen z.B. Beschreibungen von Beobachtungen), wobei die Jungen einen größeren Anteil an intuitiv regelbasierten Beiträgen (z.B. Vermutungen oder Erläuterungen, vgl. von Aufschnaiter & Rogge, 2010) aufzeigten. Bei den gruppenspezifischen Kodierungen gab es bei den Mädchen mehr Kodierungen für den Wert „Absichern“ und bei den Jungen mehr

² Likert Skala: 1: Trifft nicht zu; 2: Trifft kaum zu; 3: Trifft eher zu; 4: Trifft genau zu; Mitte der Skala: 2,5

Kodierungen für den Wert „Zustimmen“. Ebenfalls tendenzielle Unterschiede waren bei den Erlebensäußerungen zu finden. Die Mädchen machten tendenziell mehr positive und negative Erlebensäußerungen, wobei die Jungen mehr Überraschung/Erstaunen aufzeigten. Abschließend kann festgehalten werden, dass in den bisher betrachteten Videoausschnitten keine deutlichen Unterschiede zwischen Mädchen- und Jungengruppen erkennbar sind.

Anmerkungen

Die vorgenommene kategorienbasierte Analyse beruht bisher auf nur sehr wenigen Daten. Des Weiteren lag der Kodierleitfaden noch nicht in der Endversion vor. Die Ergebnisse sind zurzeit rein deskriptiv, da die Datenbasis für analytische Schlussfolgerungen noch zu klein ist. Dennoch deuten die Analysen der Daten darauf hin, dass die im Kodierleitfaden genutzten Variablen und Werte Unterschiede zwischen einzelnen Gruppen und Individuen aufzeigen. Ob diese Unterschiede allerdings durch das Geschlecht bedingt sind oder auf andere Ursachen zurückzuführen sind, kann noch nicht gesagt werden.

Literatur

- Ainley, M., Corrigan, M. & Richardson, N. (2005). Students, tasks and emotions: Identifying the contribution of emotions to students' reading of popular culture and popular science texts. *Learning and Instruction*, 15 (5), 433-447
- Ainley, M., Hillman, K. & Hidi, S. (2002). Gender and interest processes in response to literary texts: situational and individual interest. *Learning and Instruction*, 12, 411-428
- Alexopoulou, E. & Driver, R. (1997). Gender differences in small group discussion in physics. *International Journal of Science Education*, 19 (4), 393-406
- Andre, T., Whigham, M., Hendrickson, A. & Chambers, S. (1999). Competency beliefs, positive affect, and gender stereotypes of elementary students and their parents about science versus other school subjects. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (6), 719-747
- Aufschnaiter, C. von, & Rogge, C. (2010). Misconceptions or missing conceptions? *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6 (1), 3-18
- Bennett, J., Hogarth, S., Lubben, F., Campbell, B. & Robinson, A. (2010). Talking science: The research evidence on the use of small group discussions in science teaching. *International Journal of Science Education*, 32 (1), 69-95
- Britner, S. L. (2008). Motivation in high school science students: A comparison of gender differences in life, physical, and earth science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (8), 955-970
- Greenfield, T. A. (1997). Gender- and grade-level differences in science interest and participation. *Science Education*, 81 (3), 259-276
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN
- Hong, Z.-R. & Lin, H.-S. (2011). An investigation of students' personality traits and attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 33 (7), 1001-1028
- Howe, C. (1997). Gender and classroom interaction: A research review. Edinburgh: Scottish Council for Research in Education
- Jones, M. G., Brader-Araje, L., Carboni, L. W., Carter, G., Rua, M. J., Banilower, E. & Hatch, H. (2000). Tool time: Gender and students' use of tools, control, and authority. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (8), 760-783
- Jovanovic, J. & Steinbach-King, S. (1998). Boys and girls in the performance-based science classroom: Who's doing the performing? *American Educational Research Journal*, 35 (3), 477-496
- Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33 (1), 27-50
- Osborne, J., Simon, S. & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25 (9), 1049-1079
- Rennie, L. J. & Parker, L. H. (1987). Detecting and accounting for gender differences in mixed-sex and single-sex groupings in science lessons. *Educational Review*, 39 (1), 65-73

Studienwahlmotive (SWM) Physik-Lehramtsstudierender -Ausgewählte Ergebnisse

Einleitung

Warum (noch) eine Studie zu Studienwahlmotiven (SWM) Lehramtsstudierender? Dies erscheint eine intuitiv berechnete Fragestellung zu sein – immerhin werden SWM seit Jahrzehnten beforscht. Bei genauerer Betrachtung erscheint die Forschungslage jedoch wenig eindeutig (Rothland & Terhart, 2010, S. 793) und das obwohl SWM in vielen Feldern als relevante Einflussgröße gelten, beispielsweise wenn es um Studierenerfolg oder -abbruch (vgl. z. B. Albrecht, 2011) bzw. um Studienzufriedenheit und Strategienutzung im Lehramtsstudium (vgl. Künsting & Lipowsky, 2011) geht, um nur einige Bereiche zu nennen.

Forschungslage

Ein detaillierter Einblick in die Forschungslandschaft entsteht durch eine intensive Literaturrecherche, die hier jedoch nicht vollständig abgebildet werden kann.¹ Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich studienübergreifend als zentrales Motiv das Interesse an der Arbeit mit Kindern und Jugendlichen herauskristallisiert (vgl. z. B. Kiel, Geider & Jünger, 2004; Sinclair, 2008). Die weitere Rangfolge von SWM variiert dagegen. Eine schulformabhängige Gewichtung von SWM wird gelegentlich berichtet (vgl. z. B. Ulich, 1998), jedoch erst seit kurzem systematisch untersucht (vgl. Retelsdorf & Möller, 2012). Es gibt Hinweise, dass zukünftige Gymnasiallehrkräfte eher aufgrund des Fachinteresses ein Lehramtsstudium wählen (vgl. z. B. Pohlmann & Möller, 2010). Zusätzlich werden in einigen Studien geschlechtsspezifische Unterschiede hinsichtlich der SWM angegeben, zum Beispiel nehmen Frauen öfter aufgrund der Vereinbarkeit von Familie und Beruf ein Lehramtsstudium auf (vgl. Treptow, 2006).

Aus forschungsmethodischer Sicht ergeben sich einige Schwierigkeiten. Es existiert eine Vielzahl von Instrumenten, die zum Teil kaum evaluiert oder theoretisch fundiert sind und / oder nur auf kleine Stichproben angewandt wurden. Studienergebnisse sind aufgrund dessen nur begrenzt vergleichbar (zur weiteren Kritik vgl. Rothland & Terhart, 2010).

SWM von Physik-Lehramtsstudierenden wurden bisher selten oder lediglich im Zusammenhang mit übergeordneten Fragestellungen wie dem Abbruchverhalten Physik-(Lehramts-)studierender (Albrecht, 2011) oder der ‚Eignung‘ von Quereinsteigern (Lamprecht, Oettinghaus & Korneck, 2012) untersucht. Weitere Studien liegen sehr weit zurück (z. B. Berge, 1975).

Forschungsfrage

Aufgrund der eingangs skizzierten Relevanz, die SWM in vielen Kontexten zugesprochen wird und der eher dürftigen Forschungslage insbesondere bezogen auf die einzelnen Fächer, stellen sich die folgenden Forschungsfragen:

- Welche SWM nennen Physik-Lehramtsstudierende?
- Inwiefern unterscheiden sich die SWM Physik-Lehramtsstudierender von denen, die Lehramtsstudierenden im Allgemeinen zugesprochen werden?

¹ Es sei auf Meinhardt, Krey & Rabe (2013) verwiesen.

Studiendesign und Stichprobe

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurden in den Jahren 2008, 2010 und 2011 insgesamt N=357 Studierende des Physiklehramts mit Hilfe einer offenen Fragestellung retrospektiv zu ihren SWM befragt. Im Folgenden werden einige ausgewählte Ergebnisse für die 2011er-Kohorte (N=133) berichtet.² Diese setzt sich aus N=104 zukünftigen Gymnasial- und N=26 Sekundarstufenlehrkräften zusammen. Es nahmen mehr männliche (N=86) als weibliche Befragte (N=47) teil. Die Antworten wurden mit dem inhaltsanalytischen Verfahren der induktiven Kategorienbildung nach Mayring (2003) ausgewertet. Die Ergebnisse der Pilotstudie wurden bereits veröffentlicht (Meinhardt, Rabe & Krey, 2012).

Ausgewählte Ergebnisse

Das entwickelte Kategoriensystem wurde kommunikativ validiert, wobei gute bis sehr gute Interkoderreliabilitäten erzielt werden konnten.³ Als inhaltlich relevante Kategorien konnten die folgenden acht Hauptkategorien aus dem Material abgeleitet werden (in den Klammern werden Ankerbeispiele aufgeführt):

- Physikorientierung („Interesse an der Physik“),
- pädagogisch-didaktische Orientierung („Interesse an der Arbeit mit Kindern und Jugendlichen“, „Interesse am Erklären“),
- Schulerfahrung als SchülerIn („Hatte gute Noten in Physik.“),
- Pragmatismus („NC-Freiheit“, „gute Arbeitsmarktchancen“),
- Physikorientierung als SchülerIn („Hatte Spaß an Physik in der Schule“),
- physikalisch-pädagogische Orientierung („Möchte Begeisterung an Physik weitergeben.“),
- Fähigkeitszuschreibungen („Kann gut Physik/mit Kindern umgehen, ...“),
- externe Einflüsse („Meine Mutter ist Lehrerin“).

Insgesamt konnten N=575 Kodiereinheiten der 133 Befragten den einzelnen Hauptkategorien zugeordnet werden (vgl. Abb. 1). Pragmatische Motive und eine starke Physikorientierung scheinen die ausschlaggebenden Motive zu sein, wobei 60% der pragmatischen Motive auf den späteren Beruf bezogen sind („Arbeitsmarktchancen/sicherer Job“). Fasst man die Kategorien Schulerfahrung als SchülerIn und Physikorientierung als SchülerIn zu einer Kategorie zusammen, so erhält diese sich ergebene Schulkategorie einen ähnlichen Stellenwert wie die Kategorien pädagogisch-didaktische und physikalisch-pädagogische Orientierung. Externe Einflüsse und Fähigkeitszuschreibungen spielen nur eine untergeordnete Rolle.

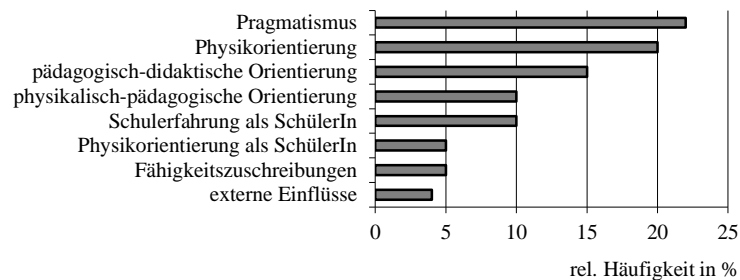


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Kodiereinheiten bzgl. der Hauptkategorien

Mit Hilfe von χ^2 -Unabhängigkeitstests konnten keine Unterschiede in Subgruppen (u. a. nach Geschlecht und Schulform) bzgl. der Häufigkeitsverteilungen der SWM festgestellt werden ($\chi^2_{(L/G/LSekl)} = 8,73 < 14,07 = \chi^2_{(7;95\%)}$; $p=0,27$ bzw. $\chi^2_{(m/w)} = 8,5 < 14,07 = \chi^2_{(7;95\%)}$; $p=0,29$). Es muss

² Weitere Ergebnisse finden sich in Meinhardt, Krey & Rabe (2013).

³ Als Maß dient Cohen's Kappa κ : $\kappa=0,77$ vor der kommunikativen Validierung bzw. $\kappa=0,96$ nach der kommunikativen Validierung.

zunächst offen bleiben, ob es sich hier um ein Artefakt oder eine Besonderheit Physik-Lehramtsstudierender handelt.

Diskussion

Mit dem Kategoriensystem können sowohl klassische Motive, wie das Fachinteresse oder der Umgang mit Kindern, abgebildet werden, als auch solche, die in der Literatur bisher selten beschrieben wurden (physikalisch-pädagogische Orientierung). Einige Motive, die oft im Zuge der Untersuchung von SWM Lehramtsstudierender genannt werden, spielen keine oder nur eine untergeordnete Rolle, z. B. altruistische Motive oder die Vereinbarkeit von Familie und Beruf.

Da weitestgehend zukünftige Gymnasiallehrkräfte befragt wurden, entspricht der hohe Grad an Physikorientierung im Wesentlichen dem, was in der Literatur berichtet wird. Dass jedoch eine Motivkategorie an erster Stelle in der Häufigkeitsverteilung steht, die eher extrinsische als intrinsische Motive widerspiegelt, ist nicht unbedingt zu erwarten gewesen, da Lehramtsstudierenden vorwiegend intrinsische SWM zugeschrieben werden (vgl. Brookhart & Freeman, 1992).

Literatur

- Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Freie Universität Berlin
- Berge, O. E. (1975). Warum wollen Sie Physiklehrer werden? Eine Umfrage unter Studenten der PH Kiel. In H. Dahncke (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven*. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Freiburg, September 1975. Hannover: Schroedel, 322-328
- Brookhart, S.M. & Freeman, D.J. (1992). Characteristics of Entering Teacher Candidates. *Review of Educational Research*, 62 (1), 37-60
- Kiel, E., Geider, F.J. & Jünger, W. (2004). Motivation, Selbstkonzepte und Lehrberuf. Studienwahl und Berufsperspektiven bei Studierenden für das Lehramt an Grund-, Haupt- und Realschulen. *Die Deutsche Schule*, 96 (2), 223-233
- Künsting, J. & Lipowsky, F. (2011). Studienwahlmotivation und Persönlichkeitseigenschaften als Prädiktoren für Zufriedenheit und Strategienutzung im Lehramtsstudium. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 25 (2), 105-114
- Lamprecht, J., Oettinghaus, L. & Korneck, F. (2012). Befunde einer Vergleichserhebung von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen im Gymnasialbereich. In S. Berholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: LIT, 245-247
- Mayring, P. (2003). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz
- Meinhardt, C., Krey, O. & Rabe, T. (2013). Studienwahlmotive angehender Physiklehrkräfte. Qualitativ inhaltsanalytische Auswertung einer offenen, retrospektiven Befragung. (eingereicht)
- Meinhardt, C., Rabe, T. & Krey, O. (2012). Studienwahlmotive von Physiklehramtsstudierenden. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: LIT, 488-490
- Pohlmann, B. & Möller, J. (2010). Fragebogen zur Erfassung der Motivation für die Wahl des Lehramtsstudiums (FEMOLA). *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 24 (1), 73-84
- Retelsdorf, J. & Möller, J. (2012). Grundschule oder Gymnasium? Zur Motivation ein Lehramt zu studieren. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 26 (1), 5-17
- Rothland, M. (2011). Warum entscheiden sich Studierende für den Lehrerberuf? Interessen, Orientierungen und Berufswahlmotive angehender Lehrkräfte im Spiegel der empirischen Forschung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*. Münster [u.a.]: Waxmann, 268-295
- Rothland, M. & Terhart, E. (2010). Forschung zum Lehrerberuf. In R. Tippelt & B. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Bildungsforschung*. Wiesbaden: VS Verlag, 791-810
- Sinclair, C. (2008). Initial and changing student teacher motivation and commitment to teaching. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 36 (2), 79-104
- Treptow, E. (2006). *Bildungsbiografien von Lehrerinnen und Lehrern. Eine empirische Untersuchung unter Berücksichtigung geschlechtsspezifischer Unterschiede*. Münster: Waxmann
- Ulich, K. (1998). Berufswahlmotive angehender LehrerInnen. Eine Studie über Unterschiede nach Geschlecht und Lehramt. *Die Deutsche Schule*, 90 (1), 64-78

Erneuerbare Energie: Fortbildung für ErzieherInnen

In Heidelberg entsteht ein neues Stadtviertel in Passivhausbauweise. Die „Heidelberger Bahnstadt“ gilt als das größte zusammenhängende Projekt seiner Art in Europa. In diesem Umfeld entsteht auch eine Kindertagesstätte, in der das Thema der erneuerbaren Energie (EE) sowie Nachhaltigkeit für die Kinder im Mittelpunkt stehen soll.

Um ihnen entsprechende Erfahrungsräume zu ermöglichen, sollen ErzieherInnen in diesem Bereich professionalisiert werden. Dazu entwickelt die Forscherstation, das Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung, eine bestehende Fortbildungsreihe für ErzieherInnen im Bereich der frühen naturwissenschaftlichen Bildung weiter in den Schwerpunkt der EE hinein. Dies geschieht innerhalb des Verbundprojektes „Zukunft gestalten“ der VRD-Stiftung für „erneuerbare Energien“. In zwei weiteren Arbeitsgruppen dieses interdisziplinären Projektes werden innerhalb der Biologiedidaktik ein Peer-teaching Projekt zwischen Sekundarstufe und Kita sowie schließlich in der Geographiedidaktik ein Kompetenzmodell für Kita-Kinder im Bereich der EE entwickelt und eingesetzt.

Die hier vorgestellte Längsschnitt-Studie wird von der Frage geleitet, wie sich die Selbsteinschätzung der ErzieherInnen während der Professionalisierungs-Maßnahme entwickelt und welche Rückschlüsse dies auf den Kompetenzzuwachs im Bereich der NFFK-EE bedeutet. Um die Maßnahmen anzupassen, ist des Weiteren von Interesse, mit welchen Vorstellungen und welchem Wissen die TeilnehmerInnen in die Fortbildung kommen und welche hemmenden und fördernden Faktoren im Verlaufe der Fortbildung aktiv werden.

Dazu wird neben der Fortbildung der Fragebogen F1 des Heidelberger Fragebogeninventars (Zimmermann, 2011) adaptiert (F1-EE). Dieser erhebt die Selbsteinschätzung der ErzieherInnen und ermöglicht so Aussagen über eine Entwicklung der TeilnehmerInnen innerhalb ihrer NFFK¹ vor, während und nach der Fortbildung.

Die Studie wird als Anschluss-Studie an die Arbeit von Monika Zimmermann (2011) durchgeführt, welche das NFFK-Modell entwickelt hat. In dem Modell sind Fähigkeiten subsumiert, welche „die ErzieherInnen benötigen, um den Lernprozess von Kindern im Kindergarten in ihrer Begegnung und Auseinandersetzung mit alltagsbezogenen Phänomenen der belebten und unbelebten Natur spezifisch zu begleiten und zu fördern.“ (Zimmermann, 2011, S. 186).

Über einen didaktisch-pädagogischen Zugang, der auf einer durch die Forscherstation entwickelten Theoriesynthese und eines daraus resultierenden Wirkmodells aufbaut, wird zum einen die Selbstwahrnehmung der TeilnehmerInnen gestärkt. Des Weiteren bekommen die ErzieherInnen Instrumente an die Hand, mit denen sie ihr eigenes Handeln beobachten und mithilfe ihrer Expertise als ErzieherIn verbessern können. So erfahren sie wiederum Bestätigung in ihrer Arbeit mit Kindern in einem Bereich, in dem sie vorher dachten, sie würden kompliziertes Fachwissen aus Naturwissenschaft und Technik benötigen. Schließlich lernen sie Möglichkeiten kennen, Erfahrungsräume im Bereich naturwissenschaftlicher Phänomene mit dem Thema EE für Kinder altersgerecht zu entwickeln und anzuwenden. In ihrem Praxisalltag zwischen den Fortbildungsterminen erproben sie ihre in der Fortbildung entstandenen Ideen, tauschen die Erfahrungen in den nächsten Treffen miteinander aus und entwickeln sie dann reflektiert weiter. Diese Art des Lernens geschieht mit einem positiven Verständnis für „Fehler“ als Verbesserungsinstrument in Eigenregie, nach Zimmermann

¹ NFFK ist ein Kompetenzmodell für Naturwissenschaftliche-Früh-Förder-Kompetenz (Zimmermann, 2011).

(2011) als „Selbstreguliertes Lernen“, und resultiert damit aus der Erfahrung, dass durch das eigenständige Handeln Aufgaben bewältigt werden, welche mit der bisherigen Selbstwahrnehmung als nicht lösbar galten oder mit Angst besetzt waren.

Mithilfe des weiterentwickelten Fragebogens F1-EE wird die Selbsteinschätzung während drei Messzeitpunkten zu Beginn, zum Ende und drei Monate nach der Fortbildung erhoben (pre-post-post) und so in ihrer Entwicklung abgebildet.

Als Einstieg wurde für die Studie die Begleitung der bereits bestehenden Fortbildung „Mit Kindern die Welt entdecken“ sowie eine Recherche zum Thema der erneuerbaren Energie in Literatur und anderen Medien gewählt.

Daraufhin wurde ein Pilotfragebogen mit drei offenen Fragen an die Gesamtpopulation der ErzieherInnen städtischer Kindertagesstätten im Raum Heidelberg ausgeteilt.² Aus den Antworten des Rücklaufs³ konnten dann hermeneutisch drei Bereiche identifiziert werden, welche für die Wahrnehmung der ErzieherInnen besondere Bedeutung zu haben scheinen⁴ und eine Dekonstruktion der Konnotationen des gesellschaftlich konstruierten Begriffes⁵ der „erneuerbaren Energie“ bedeutet:

- Bereich des physikalischen Phänomens – z.B. Luft kann antreiben, wenn sie sich bewegt.
- Bereich der Technologien, mit denen bestimmte Eigenschaften physikalischer Phänomene umgewandelt und/oder nutzbar gemacht werden können.
- Bereich der Sozialstruktur / kulturellen Einbettung in die Gesellschaft – z.B. Werte und Normen, wie die positive Konnotation mit den Begriffen „erneuerbare Energie“, „Nachhaltigkeit“ oder „Ressourcen sparsam einzusetzen“.

Anhand der so aufgeschlüsselten Daten konnten im Folgenden in einem hermeneutischen Prozess die Items für den Fragebogen F1-EE-Pilot⁶ gebildet sowie die Inhalte der Fortbildung angepasst werden.

Während der Pilotfortbildung im Wintersemester 2011/12 wurde der Fragebogen F1-EE dann an drei Messzeitpunkten eingesetzt und erste Daten generiert, die im Folgenden zur Konstruktvalidierung und Instrumententwicklung herangezogen wurden.

Zu Beginn der Konstruktvalidierung wurden die Items hermeneutisch einzelnen Skalen zugeordnet, dann diese Zuordnung mit einer zweiten numerisch quantitativen Zuordnung in SAS gegenüber gestellt und diese erneut hermeneutisch inhaltlich überprüft. In mehreren Runden konnte so das optimale Mittel zwischen Bedeutungsebene und dem rechnerischem Optimum mittels der Korrelierung der Items innerhalb der Skalen herausgearbeitet werden. Hierbei konnten nicht nur die Skalen, welche Zimmermann bereits für ihr NFFK Modell entwickelte, bestätigt werden. Es wurde ferner deutlich, dass weitere Skalen nicht notwendig sind, um das Thema der EE in das NFFK Modell zu integrieren:

² N=250, die offenen Fragen waren wie folgt: 1. „Was verstehen Sie unter ‚erneuerbarer Energie‘?“, 2. „Was würden Sie gerne über das Thema wissen?“, 3. „Was fällt ihnen spontan ein, was man mit Kindern zu dem Thema machen könnte?“

³ n=135

⁴ Durch Auszählung der Nennungshäufigkeit wurden in einem ersten Durchlauf die Bereiche identifiziert, über einem kommunikativen Austausch in der Forschergruppe konnten dann die 3 Bereiche der Wahrnehmung benannt werden.

⁵ Der Begriff „Erneuerbare Energie“ ist keine physikalische Größe und muss als Alltagssprachlicher Begriff verstanden werden; er ist Ergebnis eines komplexen sozialen Definitionsprozesses.

⁶ 5 offene und 56 geschlossene Aussagen mit einer 5 stufigen Likert-Skala. Z.B. v21 „Ich rege Kinder zur Betrachtung von Naturphänomenen zum Thema erneuerbare Energie an.“

Skalen⁷ mit Cronbach´s Alpha für F1-EE-Pilot (Pilotfortbildung mit n=17)	
Status-Quo	($\alpha=0.69$)
Handlungskompetenz	($\alpha=0.77$)
Selbstkonzept	($\alpha=0.69$)
Sachkompetenz	($\alpha=0.72$)
Interesse	($\alpha=0.89$)

Auch wurden in diesem Schritt die bisherigen F1 Items erneut auf ihre Ladung überprüft und insgesamt entsprechend optimiert sowie die Anzahl der geschlossenen Items reduziert. Der so überarbeitete Fragebogen F1-EE, der nun für die eigentliche Hauptdatenerhebung im Frühjahr 2013 zur Verfügung steht, beinhaltet nun noch 5 offene und 44 geschlossene Items. In einem weiteren Schritt ist bis Frühjahr 2013 geplant, mithilfe einer Mini-Delphi Studie über die Befragung von Fachdidaktikern eine Fremdperspektive zu erhalten, um Instrument und Fortbildungsdidaktik im Sinne methodischer Triangulation abzusichern.

Literatur

Zimmermann, M. (2011). Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten: Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen. Bd. 128. Berlin: Logos

⁷ Zimmermann, 2011

Analyse von Kommunikationsprozessen in einer naturwissenschaftlichen Lehrerfortbildung

Lernen ist situiert, sozial und informell – Der theoretische Zugang

Nach Lave & Wenger (1991) sowie Greeno, Collins & Resnick (1996) haben Kontexte im Bereich des Lernens einen signifikanten Einfluss auf das, was tatsächlich gelernt wird. Betrachtet man Kommunikationsprozesse im Rahmen von Lehrerfortbildungen mit dem Blick auf individuelle Professionalisierung, ist es demnach notwendig, auch die Rahmenbedingungen der Fortbildungen zu betrachten, in denen das informelle Lernen stattfindet. Dazu gehören die Wahl und Gestaltung der Settings, aber auch die jeweiligen Mitlerner, deren Präsenz, Input, Nöte, Lösungen, Fragestellungen und Antworten. Sie können nicht nur zum Motor einer Lehrerfortbildung werden - sondern für Mitlerner unter Umständen sogar den zentralen Kern der Fortbildung darstellen.

Nimmt man den Austausch von Lehrerinnen und Lehrern untereinander ernst und berücksichtigt, dass kurzzeitige Fortbildungen nur begrenzt wirksam sind (vgl. Gräsel, Fussangel, & Parchmann, 2006; Guskey, 2000), dann erscheint eine gezielte Symbiose und gegenseitige „Befruchtung“ von formalen Fortbildungen und informellen Lerngemeinschaften (Communities of Practice) im Sinne eines Praxistransfers der Fortbildungsinhalte nur folgerichtig.

Den Bedürfnissen der Lehrerinnen und Lehrer kommen die informellen Lernformen in besonderem Maße entgegen (siehe Heise, 2009; McKenzie, Hasan, Santiago, Sliwka, & Hase, 2005; Schleicher & Organisation for Economic Co-operation and Development, 2012). Heise (2009, S. 10–11) begründet die Notwendigkeit des Rückgriffs auf informellere Formen des Lernens u.a. durch eine immer schnellere Wissensentwicklung und eine damit einhergehende schnellere Entwertung des Wissens in allen Lebensbereichen. Zudem sehen sich Lehrkräfte mit immer höheren Anforderungen konfrontiert, so dass ihnen für zeitintensive Professionalisierungsmaßnahmen zunehmend die Ressourcen fehlen. Die TALIS-Befragung (siehe unten) kann diese Hypothese zumindest in Bezug auf die Zeitkonflikte stützen (EC, DGEC, & OECD, 2010, S. 76–77). Nach Heise sind Lehrerinnen und Lehrer zunehmend auf Professionalisierungsmaßnahmen angewiesen, die sich in freier Zeiteinteilung auch direkt in den Beruf einbetten lassen. Zur Unterstützung des Praxistransfers ist es also durchaus von Vorteil, schon innerhalb der Fortbildung einen Grundstein für die Arbeit einer Community of Practice zu legen. Mit dem Ziel, die Nachhaltigkeit von Fortbildungsinhalten zu vergrößern, kann den Teilnehmern im Zeitalter sozialer Medien wie Facebook und Twitter grundlegendes Handwerkszeug für sinnstiftende Lerngemeinschaften an die Hand gegeben werden.

TALIS

Der Teaching And Learning International Survey (TALIS) befragt europaweit Lehrkräfte nach verschiedenen Aspekten ihres Berufes. In der Erhebung 2007/2008 wurde u.a. gefragt, welche Professionalisierungsmaßnahme sie innerhalb der letzten 18 Monate in Anspruch genommen haben (EC u. a., 2010, S. 63). Das Ergebnis zeigte eine große Beteiligung an „Informellen Gesprächen zur Verbesserung der Lehre“ (92,6 %) und an „Kursen und Workshops“ (81,2 %). Darüber hinaus spielt das „Lesen von Fachliteratur“ (77,7 %) eine wichtige Rolle. Alle weiteren Professionalisierungsmaßnahmen wiesen jedoch lediglich eine Beteiligung von unter 50 % auf. Interessant sind hierbei auch die Anteile der Lehrerinnen und Lehrer, die diesen drei Maßnahmen moderate bis hohe Wirksamkeiten bescheinigten:

Bei „Informellen Gesprächen zur Verbesserung der Lehre“ waren dies 86,7 % der befragten Lehrer, bei „Kursen und Workshops“ 80,6 % und bei „Lesen von Fachliteratur“ 82,8 %. Den „informellen Gesprächen zur Verbesserung der Lehre“ wird in der Befragung somit eine Spitzenposition in Bezug auf Teilnahme und Wirksamkeit beigemessen.

Integration von informellen Lernformen in formalen Fortbildungsmaßnahmen

Es stellt sich die Frage, ob sich informelle Elemente in Fortbildungskursen und Workshops direkt oder indirekt nutzen lassen, um Lehrer für eine Vernetzung untereinander und ein gemeinsames Reflexionsnetzwerk zu gewinnen und damit den nachhaltigen Transfer von Fortbildungsinhalten zu fördern. Voraussetzung für eine solche Nutzung ist die genaue Beobachtung und Analyse der informellen Gespräche, die sich während einer Fortbildung ergeben, um theoriegeleitet Muster und mögliche Interventionspunkte zu suchen.

Forschungsfragen

In diesem Dissertationsprojekt, welches als hypothesengenerierende Arbeit angelegt ist, soll die internationale Lehrerfortbildung CAT (Welzel-Breuer u. a., 2010) zur Nutzung von computergestützten Medien im naturwissenschaftlichen Kontext im Hinblick auf die folgenden Forschungsfragen untersucht werden:

- Inwiefern kommunizieren Lehrer innerhalb des CAT-Fortbildungskurses insbesondere im Hinblick auf das Lernen von Naturwissenschaften mit Neuen Medien?
- Wie entwickelt sich die Kommunikation unter den Teilnehmern des Fortbildungskurses?
- Inwieweit ist informelles Lernen (in diesem Kurs) eine Sache von persönlichen Merkmalen oder eine Angelegenheit von allgemeinen Umständen? Welche persönlichen Merkmale werden ggf. sichtbar?

Die CAT-Fortbildung

Die beforschte Fortbildung wurde zwischen 2008 und 2010 im Rahmen des internationalen Comenius LLP Projektes CAT gemeinsam mit sieben internationalen Partnern (CAT Project Consortium, 2009) entwickelt und im Frühjahr 2011 erstmalig angeboten. Die Fortbildung wurde als modularer blended-learning Kurs konzeptioniert, welcher sich in drei Phasen gliedert. In einer Distance Learning Phase von ca. einem Monat Dauer arbeiten die Teilnehmer in der Onlinelearningumgebung Moodle miteinander. Der Kontext der Lernumgebung wurde so gestaltet, dass der Austausch über die eigene Praxis und die Bearbeitung von „problem based tasks“ einen zentralen Bestandteil ausmacht. Das Kennenlernen der Teilnehmer untereinander wird zusätzlich über ein moderiertes Forum unterstützt. Die zweite Phase besteht aus einem einwöchigen Face-to-Face Treffen, das 2012 in Patras, Griechenland, stattfand. Auch hier wurde besonderer Wert darauf gelegt, die Kontexte im Sinne des situierten Lernens zu gestalten. Das Lernen fand in einem Chemiefachraum statt. Ein Schulbesuch mit anschließender Reflexion wurde in die Fortbildung eingebettet. Es wurde darauf geachtet, dass die teilnehmenden Lehrer genügend Zeit und Raum für informelle Kontakte erhielten. Die dritte und letzte Phase besteht aus einer weiteren Distanzlernphase, in der die Lehrer das Gelernte in ihren Heimatschulen anwenden und sich dabei über die Lernplattform Moodle austauschen können.

Erhobene Daten & Zwischenergebnisse

Auf der Lernplattform stehen die während aller drei Phasen der Fortbildung von Lehrern verfassten Texte zur Verfügung. In der 2. Phase wurde ein Twitteraccount von allen Teilnehmern gleichzeitig genutzt. Die Teilnehmer haben zudem mit digitalen Audiorekordern freiwillig informelle Gespräche aufgezeichnet. Neun halb-strukturierte Leitfadenterviews, welche Dispositionen informellen Lernens klären sollen, wurden aufgezeichnet. Eine von

den Teilnehmern gegründete Facebook-Seite steht mit Kommentaren zur Verfügung. Zu Beginn und zum Ende der 2. Phase gab es außerdem ein Erwartungs- bzw. Evaluationsfragebogen.

Das Audiomaterial (informelle Gespräche, Interviews) wird derzeit transkribiert und nach Mayring (2010) induktiv kategorisiert. Hierbei werden zunächst die situativen Variablen kodiert: Sprecher, Stimmung, Kontext, Zeit, Datum und Dauer. Des Weiteren werden die Gesprächsthemen erfasst, die sich in die Oberkategorien „Teilnehmer/Trainer“, „Kulturelles“, „Kursbezogenes“ und „Berufsbezogenes“ einteilen lassen.

Vorläufige Ergebnisse & Ausblick

Da die Datenauswertungen gerade erst begonnen haben, sind alle im Folgenden dargestellten Ergebnisse nur vorläufiger Natur und damit erste evidenzbasierte Arbeitshypothesen. So weisen die Daten bisher darauf hin, dass die Kommunikation stark situativ geprägt ist. Dies spricht für zusätzliche Interventionen, bei denen konkrete Gesprächsanlässe vor informellen Phasen angeboten werden, um ggf. fachliche Kommunikation zu „triggern“. Des Weiteren scheinen der kulturelle Austausch sowie das gegenseitige Kennenlernen einen Hauptteil der Kommunikation auszumachen – diese Neugierde lässt sich ggf. als Ressource für die Fortbildung nutzen und in „tasks“ einbetten. Die unterschiedlich großen Redeanteile, die die Teilnehmer zeigen, lassen darauf schließen, dass informelles Lernen wahrscheinlich an individuelle Persönlichkeitsmerkmale gekoppelt bzw. gruppendynamischen Prozessen unterworfen ist. Wir hoffen, die bei der weiteren Datenanalyse gewonnenen Hypothesen in die Konzeption der Nachfolgefortbildung im März 2013 einfließen lassen zu können. Dadurch kann untersucht werden, inwieweit sich Änderungen im Kommunikationsverhalten feststellen lassen.

Literatur

- CAT Project Consortium. (2009). CAT European Project | CAT European Project. CAT - Computer Aided Teaching And learning Materials In Science Education. Project Website. Abgerufen am 2.11.2010, von <http://cat.upatras.gr>
- EC, DGEC, & OECD. (2010). Teachers' Professional Development: Europe in international comparison A secondary analysis based on the TALIS dataset. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Union. Abgerufen von <http://dx.doi.org/10.2766/63494>
- Gräsel, C., Fussangel, K., & Parchmann, I. (2006). Lerngemeinschaften in der Lehrerfortbildung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 545-561
- Greeno, J. G., Collins, A. M. & Resnick, L. B. (1996). Cognition and learning. In D. C. Berliner & R. C., Ph D. Calfee (Hrsg.), *Handbook Of Educational Psychology*. Routledge Member of the Taylor and Francis Group, 15-41
- Guskey, T. R. (2000). *Evaluating Professional Development*. Thousand Oaks
- Heise, M. (2009). *Informelles Lernen von Lehrkräften: ein Angebots-Nutzungs-Ansatz*. Münster [u.a.]: Waxmann
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning: legitimate peripheral participation*. Cambridge [England], New York: Cambridge University Press
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken*. 11., aktual., überarb. Aufl. Weinheim: Beltz
- McKenzie, P., Hasan, A., Santiago, P., Sliwka, A. & Hase, H. (2005). *Teachers matter: attracting, developing and retaining effective teachers*. Hrsg. von rganisation for Economic Co-operation and Development. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development
- Schleicher, A. & Organisation for Economic Co-operation and Development (Hrsg.). (2012). *Preparing teachers and developing school leaders for the 21st century: lessons from around the world*. Paris: OECD
- Welzel-Breuer, M., Stadler, H., Raykova, Z., Erb, R., Lavonen, J., Buty, C. & Ioannidis, G. S. (2010). Das europäische Forschungs- und Entwicklungsprojekt CAT. In D. Höttecke (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik*. Bd. 30. *Gehalten auf der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Dresden 2009*, Münster: LIT-Verlag, 350-352

Lernzuwächse in Mechanik im Rahmen der Lehrerfortbildung „Sequenzierung von Lernprozessen“

Ausgangslage

In dieser Studie wird die Auswirkung einer Lehrerfortbildung zur Sequenzierung von Lernprozessen auf Lernzuwächse im Mechanikunterricht in Physik untersucht (Zander, Krabbe & Fischer, 2011).

Videoanalysen von Physikstunden haben gezeigt, dass im Physikunterricht drei Lehrziele von besonderer Bedeutung sind: Lernen durch Erfahrung, Konzeptbildung und Problemlösen (Reyer, 2004; Wackermann, Trendel & Fischer, 2010). In den beobachteten Physikstunden fehlen jedoch wichtige Schritte der zugehörigen Sequenzen, wie z.B. der Transfer von Wissen. Die Sequenzierung der Lernprozesse folgt der Theorie der Basismodelle (Oser & Baeriswyl, 2001). Diese Theorie beschreibt für verschiedene Lehrziele unterschiedliche funktionale Sequenzen, die für einen optimalen Lernprozess erforderlich sind (Ohle, 2010). Bereits 2005/2006 wurde ein einjähriges Fortbildungsprogramm für 18 Lehrkräfte durchgeführt, um diese Defizite zu beheben (Wackermann et al., 2010). Nach einem gemeinsamen Fortbildungstag zu Basismodellen, nahm jede Lehrkraft an individuellen Unterrichtsvor- und -nachbesprechungen bezüglich der Lernprozesse mit einem Coach teil. Dabei wurden bis zu fünf Videos pro Lehrkraft aufgezeichnet und mit Hilfe eines Kodierschemas als objektives Kriterium bezüglich der Lernprozesse bewertet. In einem Prä-Postdesign konnte gezeigt werden, dass das Interesse an Physik in einem Teil der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe mit einer mittleren Effektstärke von $\eta^2 = .03$ im Laufe des Schuljahres stieg. Eine Überprüfung der Entwicklung des Fachwissens war nicht möglich.

Für diese Studie wurde diese Lehrerfortbildung weiter entwickelt, um die Effekte auf das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler zu prüfen. Die Forschungsfrage lautet: Welche Auswirkung hat die Lehrerfortbildung zur Sequenzierung von Lernprozessen auf die Entwicklung des Fachwissens? Literaturkonform haben wir erwartet, dass das Interesse in der Interventionsgruppe wie in der Studie von Wackermann et al. (2010) zunimmt und dass in der Interventionsgruppe größere Lernzuwächse entstehen.

Studiendesign

In einem Prä- Postdesign mit 15 Klassen und 366 Schülerinnen und Schülern in der Kontroll- und 15 Klassen mit 381 Schülerinnen und Schülern in der Interventionsgruppe wurde im Schuljahr 2011/12 Mechanik in der 8. Klasse an 14 verschiedenen Gymnasien in Nordrhein-Westfalen unterrichtet. In 8 Schulen nahm je eine Lehrkraft in der Kontroll- und eine Lehrkraft in der Interventionsgruppe teil.

Die Lehrerfortbildung orientierte sich am fachspezifischen-pädagogischen Coaching (Straub, 2004), welches Unterrichtsreflexion und -vorbesprechungen mit Fokus auf die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler beinhaltet. Zu Beginn des Schuljahres erhielten die Lehrkräfte der Interventionsgruppe einen achtstündigen Fortbildungstag mit einer Einführung zu den Basismodellen. In jedem Viertel des Schuljahres wurde dann eine Unterrichtsstunde videografiert und von einem Coach bezogen auf die Basismodelle analysiert. Die ersten drei Videostunden wurden von Lehrkräften und Coach bezüglich der Basismodelle reflektiert. Die erste und letzte Stunde wurde von den Lehrkräften eigenständig geplant, um zu sehen, wie die Lehrkräfte die Basismodelle eigenständig anwendeten. Gemeinsam mit dem Coach

wurden die zweite und dritte Stunde vorbesprochen. Lehrkräfte der Kontrollgruppe erhielten kein Fortbildungsangebot.

Am Anfang und Endes des Schuljahres wurde auf Schülerseite das Fachwissen in Mechanik und das Interesse an Physik (Frey et al., 2009) erhoben. Zudem wurden die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) erfasst. Zur Messung des Fachwissens wurde ein curricular valider, rasch-skaliertes Multiple-Choice Test (Zander, Krabbe & Fischer, 2012) mit 29 Items und einer Reliabilität von $\alpha = .66$ eingesetzt. Die Reliabilität der Interessenskala lag bei $\alpha = .79$.

Ergebnisse

Die Varianzanalyse ergab, dass Schülerinnen und Schüler in der Kontrollgruppe ein höheres Interesse an Physik hatten, $F(1, 1490) = 31.00, p < 0.05, \eta^2 = .02$. Ein Unterschied zwischen Vor- und Nachtest im Interesse konnte nicht festgestellt werden.

Um das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler der Kontroll- und Interventionsgruppe zu vergleichen, sollte das Vorwissen zwischen den Gruppen ähnlich sein. Es zeigt sich, dass es keinen signifikanten Unterschied im Vorwissen gab, $t(745) = 0.61, p = 0.54, d = 0.04, 95\% \text{ CI } [-0.10, 0.19]$. Am Ende des Schuljahres existierten hingegen signifikante Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe im Fachwissen. Der Lernzuwachs wurde als Differenz aus Nach- und Vortest berechnet und zwischen den Gruppen verglichen (Tabelle 1).

Gruppe	Schüler <i>n</i>	<i>M</i> (<i>SD</i>)	Cohens <i>d</i> [95% CI]	<i>p</i> -Wert
Kontroll-	366	.48 (.83)	.32 [.18, .46]	< 0.05
Interventions-	381	.75 (.86)		

Tab. 1: Lernzuwächse der Schülerinnen und Schüler

Die Mittelwertunterschiede in den Lernzuwächsen zeigen, dass die Interventionsgruppe im Fachwissenstest über fünfzig Prozent größere Lernzuwächse aufwies als die Kontrollgruppe. Deshalb kann man hier von einem großen Effekt sprechen.

Überprüft man, was diesen Unterschied zwischen den beiden Gruppen im Nachtest auf Grundlage der getesteten Variablen erklärt, zeigt sich, dass die Nachtestergebnisse der Interventionsgruppe im Vergleich mit der Kontrollgruppe weniger vom Vorwissen, $F(1, 378) = 43.99, p < 0.05, \eta^2 = .12$ und den kognitiven Fähigkeiten $F(1, 378) = 34.15, p < 0.05, \eta^2 = .09$ abhängen. Bei der Kontrollgruppe erhält man hingegen, $F(1, 363) = 65.73, p < 0.05, \eta^2 = .18$, bzw. $F(1, 363) = 52.89, p < 0.05, \eta^2 = .14$, also größere Varianzaufklärungen. Dieser Effekt scheint also tatsächlich vom Coaching verursacht zu sein.

Diskussion

Nach Kirkpatrick (1977) ist es aufgrund der vielen äußeren Einflüsse schwierig, den Zusammenhang zwischen Fortbildungen und ihren Auswirkungen zu zeigen. Hattie (2009) nennt in seiner Metaanalyse von mehr als 800 Studien folgende Effektstärken im Lernzuwachs für die in unserer Lehrerfortbildung adressierten drei Einflussgrößen:

- Lehrerfortbildung: $d = 0.62$
- Zielklarheit einer Stunde: $d = 0.56$
- Einsatz von interaktiven Videomethoden: $d = 0.52$

Diese Effektstärken sind größer als unsere Effektstärke von $d = 0.32$. Jedoch muss man diese Effektstärke in Relation zu dem durchschnittlichen Lernzuwachs in einer Klasse sehen, die nicht fortgebildet wurde, welche $d = 0.58$ beträgt. Im Rahmen unseres Fachwissenstests

ist also ein über fünfzig Prozent größerer Lernzuwachs zu verzeichnen. Ob der Unterschied durch eine veränderte Sequenzierung oder durch andere Effekte des Coachings zustande gekommen ist, muss mit dem Vergleich der Sequenzierungsleistung der Lehrkräfte mit dem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler geprüft werden.

Die abweichenden Resultate bzgl. des Interesses im Vergleich zur Studie von Wackermann et al. (2010) lassen sich mit einer anderen Stichprobenszusammensetzung der Schülerinnen und Schüler erklären, die in unserer Studie homogener war. Jedoch kann man sagen, dass in beiden Studien eher kleine Effekte beim Interesse auftraten. Die Varianzaufklärung lag jeweils unter drei Prozent.

Ausblick

Um die Ursachen für das unterschiedliche Abschneiden im Fachwissen zwischen den Gruppen zu erklären, wird in der nächsten Zeit die Videoanalyse der Sequenzierung des Unterrichts mit den Lernzuwächsen verknüpft. Dazu muss noch ein Maß für die Sequenzierung gefunden werden. Die Antworten der Lehrerfragebögen werden bei dieser Analyse berücksichtigt.

Nach ersten positiven Ergebnissen der Studie von Wackermann et al. (2010), konnten wir zeigen, dass die Lehrerfortbildung zur „Sequenzierung von Lernprozessen“ positive Auswirkungen auf Schülerinnen und Schüler hat. In Zukunft sollen die Ideen dieser Fortbildung stärker in die Lehrerausbildung integriert werden. Fokus wird sein, ob bei angehenden Lehrerinnen und Lehrern die positiven Befunde im Hinblick auf den Leistungszuwachs der Schülerinnen und Schüler repliziert werden können.

Literatur

- Frey, A., Taskinen, P., Schütte, K., Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., ... Pekrun, R. (Hrsg.) (2009). PISA 2006 Skalenhandbuch. Dokumentation der Erhebungsinstrumente. Münster: Waxmann
- Hattie, J. (2009). Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement. New York: Routledge
- Heller, K. A. & Perleth, Ch. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen, Revision (KFT 4-12+ R). Göttingen: Hogrefe
- Kirkpatrick, D.L. (1977). Evaluating training programs: Evidence vs. proof. *Training and Development Journal*, 31 (11), 9-12
- Ohle, A. (2010). Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement. Berlin: Logos
- Oser, F.K. & Baeriswyl, F.J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction of Learning. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of research on teaching*. 4. Aufl. Washington: American Educational Research Association, 1031-1065
- Reyer, T. (2004). Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. Berlin: Logos
- Staub, F.C. (2004). Transforming educational theory into usable knowledge: A case of co-constructing tools for lesson design and reflection. In B. Ralle & I. Eilks (Hrsg.), *Quality of practice-oriented research in science education*. Aachen, Germany: Shaker, 41-51
- 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
- Zander, S., Krabbe, H. & Fischer, H.E. (2011). Wirkung einer lernprozessorientierten Lehrerfortbildung auf die Schülerleistung. In D. Höttercke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung*. Berlin: LIT-Verlag, 534-536
- Zander, S., Krabbe, H. & Fischer, H.E. (2012). Entwicklung eines Fachwissenstests zur Mechanik für die Sekundarstufe I. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Berlin: LIT-Verlag, 176-178

Formale Analogien in der Physik-Lehramtsausbildung

Formale Analogien in der Physik

Das analogische Denken ist eine der wertvollsten Quellen für die Entwicklung physikalischer Theorien. Die wesentliche Rolle von Analogien in der Physik lässt sich in zahlreichen historischen Beispielen zeigen. Das rutherfordsche planetarische Atommodell, Carnots Vergleich zwischen Wärmekraftmaschinen und Wasserfällen, die formale Gemeinsamkeit zwischen coulombschem und newtonschem Gesetz, Maxwells Anwendung der Theorie der Hydrodynamik im Elektromagnetismus und Hamiltons optisch-mechanische Analogie sind einige unter vielen anderen.

Laut Polya (1945) sind Analogien Ähnlichkeiten auf einer konzeptionellen Ebene, da sie streng abhängig von den Absichten des Denkers sind. Nach Gentner (2002) ist die grundlegende Intuition hinter analogischer Argumentation, dass „wenn es erhebliche Parallelen in verschiedenen Situationen gibt, dann es wahrscheinlich ist, weitere Parallelen zu finden“ (Gentner, 2002, S. 106). In diesem Sinne können analoge Argumente benutzt werden, um Konzepte, Theorien und Methoden zu verallgemeinern, so dass sie „für andere Klassen von Objekten anwendbar sein können“ (Tzanakis, 1998, S. 69).

Unter der breiten Vielzahl von theoretischen Rahmen in diesem Bereich (Vosniadou & Ortony, 1989) sind wir besonders an Analogien, die mathematisch vertreten sind, interessiert. Aus diesem Grund, betrachten wir die von Mary Hesse (1972) vorgeschlagene Unterscheidung zwischen *materiellen* und *formalen* Analogien. Nach der britischen Wissenschaftstheoretikerin werden *materielle* Analogien berücksichtigt, wenn eine physische Ähnlichkeit zwischen den Systemen besteht (z.B. die Beschreibung eines Gases mit kleinen Kugeln), während Analogien als *formale* klassifiziert werden, wenn die gleichen axiomatischen und deduktiven Beziehungen zwischen den Objekten von Systemen assoziiert werden, ohne dass eine materielle Ähnlichkeit vorhanden ist (z.B. eine RLC-Schaltung und ein Feder-Masse-System). In dem letzten Beispiel (Schaltung und Feder-Masse-System) lassen sich zwei unterschiedliche physikalische Phänomene durch dieselbe Differentialgleichung darstellen. Wenn man auf korrespondierende Begriffe fokussiert, sind viele außergewöhnliche Assoziationen möglich, wie beispielsweise, dass die Induktivität als die „Masse“ der Schaltung erscheint.

In der Tat ist der vereinigende Charakter formaler Analogien einer der von Feynman angeführten Gründe, warum der/die Physiker/in trotz der enormen Menge an Informationen über die physikalische Welt, die seit Beginn des wissenschaftlichen Fortschritts erworben wurde, über eine breite Kenntnis dieser Welt verfügen kann:

„Die Gleichungen für viele, sehr verschiedene physikalische Fälle haben genau die gleiche Form. Natürlich können die Symbole verschieden sein – ein Buchstabe wird durch einen anderen ersetzt –, aber die mathematische Form der Gleichungen ist dieselbe. Das will sagen, dass wir bei Untersuchung eines Themas gleichzeitig sehr viel direktes und genaues Wissen über die Lösungen von Gleichungen auf anderen Gebieten erwerben.“ (Feynman, Leighton & Sands, 2007, S. 209).

Design

Auf Grund der dargelegten Bedeutung formaler Analogien für die Physik ist das Ziel dieser Arbeit zu untersuchen, inwiefern Physik-Lehramtsstudierende formale Analogien wahrnehmen bzw. erklären können. Angesichts des Mangels an Studien zu diesem Thema in der Lehrerbildung haben wir uns für ein qualitativ-exploratives Vorgehen entschieden.

25 Physik-Lehramtsstudierende am Ende ihres Studiums an der Universität São Paulo haben an der Studie teilgenommen. Ihnen wurden Aufgaben gegeben, in denen formale Ähnlichkeiten in bekannten physikalischen Formeln erklärt werden mussten. Nach der Lösung der Aufgaben haben wir semi-strukturierte Interviews mit den Studierenden durchgeführt, um ihre Vorstellungen genauer zu verstehen bzw. kategorisieren zu können. In diesem Beitrag stellen wir die Ergebnisse folgender Aufgabe vor:¹

Betrachtet die gegebenen Gleichungen. Welche Gemeinsamkeiten identifiziert ihr? Könnt ihr sie erklären? Versucht, nicht nur Gemeinsamkeiten, sondern auch Unterschiede zu begründen. $s = \frac{1}{2}gt^2$, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, $E_s = \frac{1}{2}Ds^2$, $E_{el} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$.

Viele Aspekte könnten genannt werden, um die formale Ähnlichkeit dieser Formeln zu erklären. In Tab.1 werden einige zusammengefasst und eine Art Erwartungshorizont der Aufgabe dargestellt.

	$s = \frac{1}{2}gt^2$	$E_k = \frac{1}{2}mv^2$	$E_s = \frac{1}{2}Ds^2$	$E_{el} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$
	Freier Fall	Kinetische Energie	Spannenergie	Elektrische Energie
Konstant	g	m	D	$1/C$
Linearer Zusammenhang	$v = gt$	$p = mv$	$F = Ds$	$U = Q/C$
Differential	$ds = vdt$	$dW = Fds = mv dv$	$dW = Fds$	$dW = UdQ$
Integral $\int_0^x x dx = \frac{x^2}{2}$	$s = \int_0^t gt dt$	$E_k = \int_0^v mv dv$	$E_s = \int_0^s Ds ds$	$E_{el} = \int_0^Q \frac{Q}{C} dQ$
Änderung während der Summe				
Graphische Darstellung				

Tab.1: Erwartungshorizont für die Lösung der Aufgabe

Ergebnisse und Kategorien

Für die Auswertung der Aufgaben wurden die folgenden vier Kategorien deduktiv entwickelt.

I – Oberflächliche Anerkennung evidenter Gemeinsamkeiten

Die Mehrheit der Studierenden (18/25) wurde dieser Kategorie zugeordnet. Sie haben oberflächliche Gemeinsamkeiten erwähnt, aber konnten sie weder physikalisch noch mathematisch erklären. Z.B.:

[...] denn in allen Fällen gibt es eine konstante durch zwei Mal eine Variable hoch zwei. (S3) Die mathematische Struktur der Gleichungen ist ähnlich. Alle von ihnen haben die allgemeine Form $y = ax^2$ und können durch eine Parabel dargestellt werden. (S7)

II – Fokus auf formalen Herleitungen – Mangel an physikalischen Konzepten

Die Begründung basiert sich auf formalen Argumenten und mathematische Herleitungen. Es wird jedoch kein physikalisches einheitliches Konzept erwähnt und das physikalische

¹ Ähnliche Aufgaben können beispielweise in Kirchhoff (2006) gefunden werden.

Verständnis der mathematischen Form ist mangelhaft. Dieser Kategorie wurden nur 3 Studierenden zugeordnet. Z.B.:

Alle Gleichungen können aus dem Integral über die unabhängige Variable hergeleitet werden. Z.B. $y = \int gTdT (S2)$

III – Fokus auf physikalischen Konzepten – Mangel an mathematischen Herleitungen

Physikalische Konzepte werden erwähnt und qualitative Erklärungen für die Ähnlichkeiten werden gegeben. Allerdings werden keine mathematischen Herleitungen präsentiert. Die Antworten von 4 Studierenden wurden als III kategorisiert. Z.B.:

Um diese Gleichungen zu erhalten, ist es notwendig, die physikalischen Konzepte von Arbeit und Energie zu vermitteln. Da diese Begriffe mathematisch in ähnlicher Weise vertreten sind, haben die Gleichungen die gleiche mathematische Struktur. (S14)

IV – Kohärente Kombination von physikalischen Konzepten und formalen Herleitungen

Diese Kategorie bezieht sich auf ein volles Verständnis der formalen Analogie, wie es in der Tab.1 dargestellt wurde. Physikalische Konzepte sollten kohärent mit mathematischen Herleitungen präsentiert werden. In unserer Stichprobe tauchte diese Kategorie nicht auf.

Schlussfolgerungen

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Mehrheit der Studenten nicht imstande war, tiefere Ähnlichkeiten zwischen den gegebenen Formeln zu identifizieren, obwohl die 25 Teilnehmer sie bereits kannten. Trotz der Relevanz des Themas scheint es der Fall zu sein, dass die Studierenden während ihres Studiums selten aufgefordert wurden, über formale Ähnlichkeiten nachzudenken und gemeinsame mathematische Strukturen dahinter zu identifizieren. In diesem Sinne befürworten wir einen expliziten Ansatz der Rolle formaler Analogien in der Physik-Lehrerbildung.

Durch das o.g. Zitat von Feynman ist bereits deutlich geworden, dass das analogische Denken ein wesentliches Merkmal der Physik ist, weil es dem/der Physiker/in ermöglicht, tiefe Zusammenhänge zwischen verschiedenen Phänomenen zu erkennen und bedeutsame Vernetzungen zwischen physikalischen Konzepten aufzubauen. Auf Grund dessen ist diese Art des Denkens auch mit der strukturellen Rolle der Mathematik in der Physik verbunden (Uhdn, Karam, Pietrocola & Pospiech, 2012). Die Frage der Analogien sollte stets berücksichtigt werden, wenn man über die Natur der Physik mit Lehramtsstudierenden diskutieren will (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

Literatur

- Abd-el-Khalick, F. & Lederman, N. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (10), 1057-1095
- Feynman, R. P., Leighton, R. B. & Sands, M. (2007). *Feynman Vorlesungen über Physik*. Bd. 2. München: Oldenbourg Verlag
- Gentner, D. (2002). Analogical reasoning, psychology of. *Encyclopedia of Cognitive Science*. London: Nature Publishing Group
- Hesse, M. (1972). Models and Analogy in Science. In P. Edwards (Hrsg.), *The Encyclopedia of Philosophy* Vol. 5. New York: MacMillan, 354-359
- Kirchhoff, H-W. (2006). Darstellung von Analogiebeziehungen mittels Strukturgittern: Beispiele zur Anwendung im Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 55 (5), 38-44
- Polya, G. (1954). *Mathematics and plausible reasoning*. Vol. 1: Induction and Analogy in Mathematics. Princeton: Princeton University Press
- Tzanakis, C. (1998). Discovering by analogy: the case of Schrödinger's equation. *Eur. J. Phys.*, 19, 69-75
- Uhdn, O., Karam, R., Pietrocola, M. & Pospiech, G. (2012). Modelling mathematical reasoning in physics education. *Science & Education*, 21 (4), 485-506
- Vosniadou, S. & Ortony, A. (Hrsg.) (1989). *Similarity and Analogical Reasoning*. New York: Cambridge University Press

K³_{NAT}: Evaluationskonzepte für die Sprachaktivierung im NAT-Unterricht**Kompetenzförderung im Mittelpunkt**

In unserem Forschungs-, Unterrichts- und Fortbildungsprojekt „SprachFörderCluster NAT“ versuchen wir unterschiedliche Interventionsmaßnahmen zur Sprachaktivierung in den Naturwissenschaften zu vereinen. Wir haben mehrmals im Rahmen der GDCP-Fachtagungen darüber berichtet (u.a. Pastille, Mantschew & Lenz, 2011).

Kernstück unseres Ansatzes sind die sogenannten „Werkstücke“, die neben dem Unterricht modulmäßig auch zur Unterrichtsvorbereitung, zur Fortbildung von Studenten, Mercatorförderlehrern und Fachlehrern eingesetzt werden. Sie können bedarfsgerecht an die verschiedenen Zielgruppen und an die inhaltlichen und organisatorischen Vorstellungen der einzelnen Schulen angepasst werden. Die genuine Verknüpfung von Fach und Sprache steht hierbei in Anlehnung an unser „Sprachaktivierungsrechteck“ (Pastille & Bolte, 2008; Bolte & Pastille, 2010) stets im Mittelpunkt und unterscheidet sich deshalb von anderen Angeboten der Sprachförderung maßgeblich.

In den kontinuierlichen Gesprächen und Diskussionen mit Fachlehrern und Studenten zeigt sich deutlich ein großer Bedarf und ein großes Interesse an unterrichtsrelevanten Diagnoseinstrumenten zur Erfassung und Bewertung der zu vermittelnden Kompetenzen im Chemie-, Biologie- und Physikunterricht (KMK, 2004). Daher geht mit der Modularisierung unserer sprachaktivierenden naturwissenschaftlichen Unterrichtskonzeption auch eine Modularisierung der Evaluationsmaßnahmen einher, die zielgerichtet zu einem Tableau kombiniert werden können. Es bieten sich dabei Möglichkeiten der Überprüfung unserer interventionsspezifischen Fragestellungen an. Gleichzeitig ergeben sich Ansatzpunkte zur prozessbezogenen Kompetenzdiagnostik im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Das K³_{NAT}-Konzept

Im Sinne der kompetenten Teilhabe am Diskurs über die Unterrichtsinhalte steht die *Anschlusskommunikation* (BLK, 1997; Hurrelmann, 2002) als Leitidee im Fokus unserer Untersuchungen. Sie kann sich nach unserer Auffassung nur im Zusammenwirken fachlicher, sprachlicher und kommunikativer Kompetenzen entwickeln (Abb. 1).

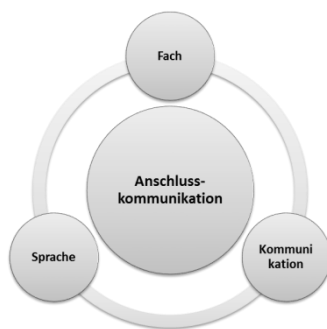
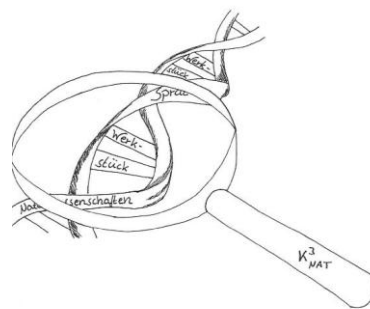


Abb. 1: Zusammenwirken der Teilkompetenzen

Abb. 2: Schema K³_{NAT}-Konzept

Der Erfolg der Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht ist davon bestimmt, wie weit diese Kompetenzen vorhanden sind. Schülern mit größeren Defiziten in einer oder mehreren Kompetenzen können den Lern- und Arbeitsstrukturen des Unterrichts immer schwerer

folgen. Um festzustellen, wie weit diese Kompetenzen ausgebildet sind, erfolgt in unserem Modell der Unterricht an Hand unserer Werkstücke, die Fach und Sprache gleichberechtigt miteinander verknüpfen (Abb. 2). Als diagnostische Instrumente dienen uns unter anderem C-Tests, Werkzeuge zur Erfassung der naturwissenschaftlichen Lesekompetenz und Befragungen nach der Two-Tier-MC-Methode, die je nach Fragestellung herangezogen werden (Tab. 1).

C-Tests zur Sprachstandserhebung	Adamik, F.; N'sir, I.; Bolte, C.; Pastille, R. (2011)
Lesekompetenztests	Pastille, R.; Bolte, C. (2010)
Instrumente zur Überprüfung von fachlichen Zusammenhängen mit der Two-Tier-MC-Methode	Lenz, J.; Pastille, R.; Mantschew, K.A. (2011)
Fragebogen zur Erfassung der naturwissenschaftlichen Selbsteinschätzung	Mantschew, K.A.; Pastille, R. (in Vorbereitung)
Fragebogen zur Einschätzung der eigenen Sprachkompetenz	Pastille, R.; Neu, S. (2010)
Kognitive Leistungstests zur Überprüfung der fachlichen Kompetenzsteigerung	Pastille, R.; Kirchhof, A.; Mantschew, K.A. (2012)
Werkzeuge zur Erfassung von Begriffsbildungsprozessen	Mantschew, K.A.; Pastille, R. (2011)
Maßnahmen zur Einschätzung der Präsentationsqualität	Mantschew, K.A.; Pastille, R. (2011)

Tab. 1: Werkzeuge der Evaluation

Architektur der Evaluation

Am Beispiel der LIFT-Kurse¹ soll die Kombination einzelner Evaluationsmodule zu einem Arbeits- und Befragungsinstrumentarium skizziert werden, welches auf Grund der Pilotierungsergebnisse im Schuljahr 2011/12 einer erweiterten Evaluation unterworfen wurde (Mantschew & Pastille, 2011). Zu den Hauptanliegen unserer Überprüfung zählt die Absicherung der Validität des zweiteiligen Instrumentariums, welches als schülerzentriertes Concept Map (Moon, Hoffman & Novak, 2011) aufgefasst werden kann und die wesentlichen Fachbegriffe des jeweiligen Werkstücks enthält. Den LIFT-Konzepten folgend verknüpfen die beteiligten Schüler sechs Begriffe auf zwei Abstraktionsebenen miteinander und stellen die Ergebnisse ihrer Arbeit im Rahmen einer max. dreiminütigen Präsentation vor. Der *fachlichen Bewertung*, bei der maximal 15 Punkte erreicht werden können, folgt eine Beurteilung der Präsentationsqualität, wobei hier statt der Fach- und Sprachkompetenz nun die Sprach- und Kommunikationskompetenz im Vordergrund steht. Die fünf Beurteilungskriterien „freies Sprechen“, „Deutlichkeit der Sprache“, „Blickkontakt mit dem Publikum“, „angemessene Körperhaltung“ und „sinnvolle Nutzung von Medien zur Erklärung“, sind den Schülern vorab bekannt und werden über ein Maluspunktesystem mit den vorher erreichten Punkten verrechnet, sodass hier eine direkte und transparente Ableitung von Schulnoten gemäß der KMK-Notenskala durch die Lehrkräfte erfolgen kann. Zur Überprüfung der Validität, hier speziell die Erfassung der Sprachkompetenzentwicklung im Unterrichtsprozess, wurde das Evaluationsinstrument für die erweiterte Überprüfung um C-Tests ergänzt. Ferner wurden die Schüler zu ihrer Selbsteinschätzung im naturwissenschaftlichen Unterricht befragt, um Aussagen über die wesentlichen Interventionsgedanken des LIFT-Konzepts ableiten zu können. Als externe Bezugsgröße wurden die Noten der schulinternen und -externen Vergleichsgruppen herangezogen, wobei sich die Schüler der externen Kohorte aus einem Berliner Gymnasium rekrutierten. Zur Überprüfung der Einsatzpotentiale des Instrumentariums im Unterricht wurde die Beurteilung der Präsentationen durch Schüler und Lehrer gleichermaßen vorgenommen.

¹ Lernen im Fördertraining; eine besondere Form der Unterrichtsgestaltung (Mantschew & Pastille, 2011).

Implikationen für den NAT-Unterricht

Bei der Verknüpfung der Begriffe auf unterschiedlichem Abstraktionsniveau schnitten die LIFT-Schüler im Vergleich zu den schulinternen Regelklassenschülern signifikant besser ab. Die Schüler des Gymnasiums übertrafen die Schüler der Gemeinschaftsschule erwartungsgemäß in den einzelnen Teilkompetenzen, wobei hier die Arbeit auf höherem Abstraktionsniveau und die Präsentationsqualität besonders gelungen sind (Tab. 2).

Schülergruppe		Abstraktions niveau 1, max. 6 Punkte, 1. Erhebung	Abstraktions niveau 1, max. 6 Punkte, 2. Erhebung	Abstraktions niveau 2, max. 9 Punkte, 1. Erhebung	Abstraktions niveau 2, max. 9 Punkte, 2. Erhebung	Präsentations qualität, max. 5 Punkte, 1. Erhebung	Präsentations qualität, max. 5 Punkte, 2. Erhebung	Gesamtpunkt zahl, max. 15 Punkte, 1. Erhebung	Gesamtpunkt zahl, max. 15 Punkte, 2. Erhebung
Liftkurs-Schüler	N	20	18	20	18	20	18	20	18
	Mittelwert	5,13	5,07	5,00	4,54	2,78	2,76	6,00	5,63
	Standardabweichung	,70	1,12	2,31	3,00	1,02	1,27	3,06	3,30
schulinterne Vergleichsgruppe	N	19	16	19	16	19	16	19	16
	Mittelwert	4,13	4,11	3,68	1,92	3,05	2,47	5,33	3,19
	Standardabweichung	1,38	1,33	2,43	2,63	1,14	1,24	3,73	2,43
schulexterne Vergleichsgruppe	N	20				20		20	
	Mittelwert	4,70		5,54		3,94		8,45	
	Standardabweichung	1,19		2,49		,82		3,86	
Insgesamt	N	59	34	59	34	59	34	59	34
	Mittelwert	4,66	4,62	4,76	3,31	3,26	2,63	6,61	4,48
	Standardabweichung	1,18	1,30	2,51	3,09	1,10	1,25	3,75	3,13

Tab. 2: Exemplarische Ergebnisse der drei Schülergruppen im Vergleich

Diese Tendenz spiegelt sich auch in den C-Testergebnissen wider, in dem die Gymnasialschüler im Mittel der ersten Befragungswelle 91,5%, die schulinterne Vergleichsgruppe 79,6% und die LIFT-Schüler 72,2% der möglichen Punkte erreicht haben. Die Korrelationen zwischen den Ergebnissen der einzelnen Evaluationsmodule und den Schulnoten deuten darauf hin, dass es hinsichtlich der Kompetenzauffassungen und deren Gewichtung zwischen den Fachlehrern des Regelunterrichts an der Gemeinschaftsschule einerseits und den LIFT-Förderlehrern sowie den Fachlehrern des Gymnasiums andererseits auffällige Unterschiede gibt. Die mit den Untersuchungen verbundene Dissertation nimmt sich diesen vertiefend an. Die in weiten Teilen hoch signifikanten Korrelationen zwischen den einzelnen Evaluationsabschnitten der erweiterten Untersuchungen verstärken die Hoffnungen der Pilotevaluation, ein Arbeitsinstrumentarium entworfen zu haben, mit dem die Entwicklung der Anschlusskommunikation im naturwissenschaftlichen Unterrichtsprozess valide und reliabel diagnostizierbar ist. Aus der hohen Übereinstimmung der Bewertungen zwischen Schülern und Lehrern folgern wir, dass die angelegten Beurteilungskriterien nicht nur wissenschaftlich-statistischen Maßstäben genügen, sondern auch didaktischen Ansprüchen gerecht werden, da die Bewertung von beiden Seiten gleichermaßen zuverlässig vorgenommen werden kann und hierdurch eine transparente Ableitung der schulischen Benotung aus den Ergebnissen möglich ist.

Unsere Befunde legen unter besonderer Berücksichtigung der schulexternen Vergleichsgruppe den Schluss nahe, dass dieses flexible Werkzeug mit geringem Aufwand zur direkten Messung der Anschlusskommunikation für den gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzbar ist.

Wir danken der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft (Berlin) und der Stiftung Mercator, koordiniert durch Frau Barbara Hecke, für ihre Unterstützung. Unser Dank gilt auch Frau Michelle Mahlke für die Realisierung der Abb. 2.

Literatur

Die zitierte Literatur kann angefordert werden unter www.sprachaktivierung.de

Entwicklung des Professionswissens im Fach Chemie in den ersten sechs Monaten des Referendariats

Theoretischer Hintergrund

Im Kontext des praktischen Unterrichtshandelns von Lehrkräften erweist sich das Professionswissen von Lehrkräften als wesentliche Voraussetzung zur Gestaltung unterrichtlicher Lernprozesse (Abell, 2007). Hierbei wird vor allem der universitären Lehrerbildung eine erhebliche Bedeutung für den Erwerb fachspezifischer Kompetenzen zugesprochen (Neuweg, 2011). Zur weiteren Berufsqualifikation folgt der eher theoretisch orientierten ersten Phase der Ausbildung das Referendariat, das auf die Vermittlung handlungsrelevanten Wissens fokussiert. Der Einfluss dieser zweiten Phase auf die Entwicklung des Professionswissens ist kaum untersucht (Brunner et al., 2006). Bisherige Befunde aus der physikdidaktischen Forschung lassen eine Zunahme des Professionswissens, insbesondere des fachdidaktischen Wissens, im zweiten Teil des Referendariats erwarten. Hierfür ist möglicherweise die eigenständige Erteilung von Unterricht und die damit verbundene Vorbereitung und Planung der Unterrichtsstunden verantwortlich (Borowski et al., 2010). Als weitere positive Einflussfaktoren auf den Erwerb von fachdidaktischem Wissen konnten van Driel und Kollegen (2002) Mentorengespräche und eine steigende Unterrichtserfahrung identifizieren. Neben der Erfassung der Entwicklung des Professionswissens soll außerdem der Einfluss unterschiedlicher Ausbildungshintergründe auf den Erwerb fachspezifischen Professionswissens untersucht werden. Hier kommt speziell den unterschiedlichen fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Lerngelegenheiten während der Ausbildung eine herausragende Bedeutung zur Erklärung bestehender Unterschiede zu (Blömeke et al., 2008).

Ziele der Arbeit

- Erfassung der Entwicklung von chemiespezifischem Fachwissen und fachdidaktischem Wissen im Referendariat.
- Untersuchung zum Einfluss einer lehrerspezifischen universitären Ausbildung auf den Erwerb von Fachwissen bzw. fachdidaktischen Wissen im Referendariat.

Design und Methoden

Mit Hilfe der im ProWiN-Projekt (Tepner et al., 2012) entwickelten Testinstrumente (Dollny, 2011) wurde das chemiespezifische Fachwissen (CK) und das entsprechende fachdidaktische Wissen (PCK) erhoben. Die Papier-Bleistift basierten Tests dienen dazu, den Wissenstand

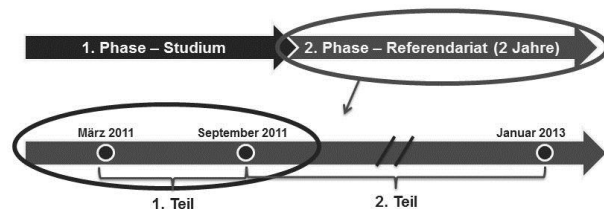


Abb. 1: Messzeitpunkte der Studie ProWiC-R

von Chemiereferendaren¹ in Nordrhein-Westfalen zu Beginn des Referendariats sowie nach den ersten sechs Monaten der Ausbildung zu messen (Abbildung 1). Der Zeitraum zwischen den ersten beiden Messzeitpunkten entspricht hierbei der Phase des

¹ Zu Gunsten der Lesbarkeit wird sowohl für die männliche als auch die weibliche Form im Folgenden das generische Maskulinum verwendet.

Ausbildungsunterrichts bis zum Beginn des eigenverantwortlichen, bedarfsdeckenden Unterrichts.

Um neben der Evaluation der ersten sechs Monate der Ausbildung auch den Einfluss der ersten Ausbildungsphase zu beschreiben, erlaubt die Stichprobe auf Basis des Hochschulabschlusses eine Einteilung in drei Gruppen. Neben Referendaren mit einem gymnasialem bzw. einem nicht gymnasialen Lehramtsstudium, umfasst die Stichprobe auch angehende Lehrkräfte, die einen Diplomabschluss in Chemie vorweisen können.

	Nicht gymnasial	Gymnasial	Diplom
Dauer – 1. Phase	3,5 Jahre	4,5 Jahre	5 Jahre
Dimensionen	CK – PCK	CK – PCK	CK
Schulform	Hauptschule & Realschule	Gymnasium	Hauptschule & Realschule bzw. Gymnasium

Tab. 1: Klassifikation der Stichprobe

In Tabelle 1 sind neben der Dauer der ersten Ausbildungsphase auch die durch den Studiengang abgedeckten Wissensdimensionen sowie die Schulform, an der die Referendare aktuell tätig sind, aufgeführt. Insgesamt liegen 101 Datensätze für beide Messzeitpunkte vor. Die Stichprobe verteilt sich wie folgt auf die oben genannten abgeschlossenen Studiengänge: $N_{\text{Nicht gymnasial}} = 21$, $N_{\text{Gymnasial}} = 60$, $N_{\text{Diplom}} = 20$. Das Durchschnittsalter der Stichprobe liegt bei $M = 29,35$ Jahren ($SD = 7,00$) und 59,4% ($n = 60$) der Probanden sind weiblich.

Ergebnisse

Für beide Wissensdimensionen wurden einfaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung herangezogen. Unter Berücksichtigung des Ausbildungshintergrunds als Zwischen-subjektfaktor gehen die ersten beiden Messzeitpunkte als zweistufiger Faktor mit in die Berechnungen ein.

Die Ergebnisse des CK-Tests (Abbildung 2) zeigen zu jeweils beiden Messzeitpunkten signifikante Unterschiede in der mittleren Testleistung zwischen Referendaren mit gymnasialem Ausbildungshintergrund ($t(79) = -3.67$; $p < .001$; $d = -1.28$) bzw. mit einem Diplomabschluss

($t(39) = -2.75$; $p = .009$; $d = -1.25$) gegenüber den Referendaren mit einem nicht gymnasialem Ausbildungshintergrund.

Erwartungsgemäß können diese Ergebnisse mit der im Vergleich zu Lehramtsstudierenden für Haupt- und Realschule höheren Anzahl an besuchten fachwissenschaftlichen Lerngelegenheiten während des Studiums

seitens der Referendare mit gymnasialem Lehramtsstudium bzw. mit Diplomabschluss erklärt werden. Keine signifikanten Unterschiede lassen sich jedoch zwischen den beiden zuletzt genannten Gruppen finden. Als Haupteffekt kann hier der Ausbildungshintergrund identifiziert werden ($F(2, 98) = 7.057$; $p = .001$; $\eta^2 = .126$), während durch die Messzeitpunkte keine Unterschiede aufgeklärt werden können.

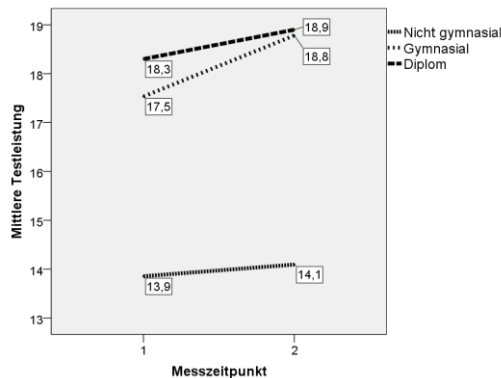


Abb. 2: Ergebnisse CK

Bei den Ergebnissen zum PCK-Test (Abbildung 3) lassen sich ebenfalls keine signifikanten Veränderungen im Wissenstand der Referendare nach dem ersten Teil des Referendariats feststellen. Die bestehenden Unterschiede in der mittleren Testleistung lassen sich, wie auch schon beim Fachwissen, auf die unterschiedlichen Ausbildungshintergründe zurückführen ($F(2, 98) = 4.525$; $p = .013$; $\eta^2 = .085$). Für beide Messzeitpunkte lässt sich festhalten, dass Referendare mit gymnasialem Lehramtsstudium über signifikant mehr fachdidaktisches Wissen verfügen als ihre Kollegen mit einem Diplomabschluss ($t(78) = 2.078$; $p = .041$; $d = 0.71$). Keine signifikanten Unterschiede bestehen zwischen Referendaren mit gymnasialem bzw. nicht gymnasialem Lehramtsstudium. Da die Probanden

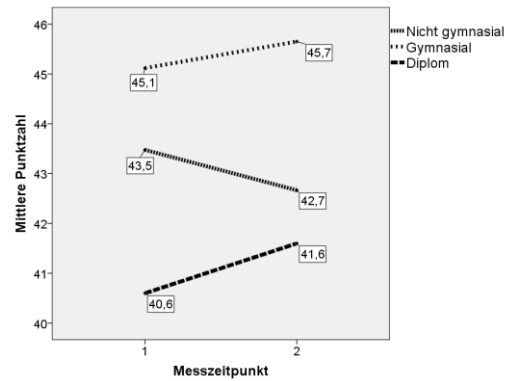


Abb. 3: Ergebnisse PCK

mit einem Diplomabschluss keine fachdidaktischen Lerngelegenheiten während der ersten Ausbildungsphase besucht haben, sind die berichteten signifikanten Unterschiede ebenfalls erwartungskonform. Fehlende signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen mit Lehramtsstudium lassen sich auf einen ähnlichen Anteil an fachdidaktischen Veranstaltungen während des Studiums zurückführen. Insgesamt betrachtet lassen sich keine signifikanten Lernzuwächse im Fachwissen und fachdidaktischen Wissen zwischen erstem und zweitem Messzeitpunkt berichten. Dieses ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass sechs Monate Ausbildung ein zu kurzer Zeitraum sind, um auf Basis der Messinstrumente signifikante Änderungen festzustellen.

Literatur

- Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S.K. Abell (Hrsg.), Handbook of research on science education. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1105-1149
- Blömeke, S., Felbrich, A., Müller, C., Kaiser, G. & Lehmann, R. (2008). Effectiveness of teacher education. State of research, measurement issues and consequences for future studies. ZDM: The International Journal on Mathematics Education, 40 (5), 719-734
- Borowski, A., Olszewski, J. & Fischer, H.E. (2010). Fachdidaktischen Wissen von Physikreferendaren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 63/5, 260-263
- Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. & Dubberke, T. et al. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 521-544
- Dollny, S. (2011). Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften.
- Driel, J. van, Jong, O. de & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' PCK. Science Education, 86 (4), 572-590
- Jong, O. de & Driel, J. van (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics. International Journal of Science and Mathematics Education 2 (4), 477-491
- Neuweg, G. (2011). Das Wissen der Wissensvermittler. Problemstellungen, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrwissen. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.): Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. 451-477
- Tepner, O., Borowski, A., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S. & Leutner, D. et al. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften,

Ingrid Krumpal¹
 Josef Riese²
 Peter Reinhold²
 Martin Hopf¹

¹Universität Wien
²Universität Paderborn

Wirksamkeit der Physiklehrtausbildung in Österreich

Einleitung und Ausgangspunkt

Zurzeit finden umfassende Diskussionen über eine fundamentale Umstrukturierung der zukünftigen Lehrerausbildung („PädagogInnenbildung NEU“) in Österreich statt. Die dazu bereits existierenden Expertenpapiere zu konkreten Umstrukturierungsplänen lassen die politische Entschlossenheit der Umsetzung grundlegender Änderungen erkennen. Es entsteht somit der Bedarf, mehr über die gegenwärtige Lehrtausbildung, deren Qualitäten und vor allem deren Wirkung zu erfahren, um auf Basis dessen gezielter Entscheidungen treffen zu können. Für Österreich sind bisher keine Studien bekannt, die empirische Erkenntnisse diesbezüglich liefern. Die vorgestellte Studie setzt hier an, indem durch die Erfassung des Professionswissens (Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, pädagogisches Wissen) von Lehramtsstudierenden des Unterrichtsfachs Physik empirische Hinweise für die geplante Umgestaltung der zukünftigen Lehrtausbildung gewonnen werden. Vorrangig gilt es somit, den Status Quo der Physiklehrtausbildung in Österreich in Bezug auf die drei oben genannten Professionswissensbereiche zu beschreiben. Besonderer Schwerpunkt bei den Analysen wird in diesem Beitrag auf die Gegenüberstellung der beiden österreichischen Lehrtausbildungsinstitutionen – Pädagogische Hochschule und Universität – gelegt.

Theoretischer Hintergrund

Die tiefere Erforschung und Wirkzusammenhangsanalyse des Professionswissens von Lehrkräften naturwissenschaftlicher Fächer wird von Fischer et al. (2012) als wesentliches Desiderat der fachdidaktischen Forschung proklamiert. Die Erforschung dieses Feldes erfuhr daher in den letzten Jahren einen großen Aufschwung. Vor allem wurde die empirische Erforschung des Professionswissens durch quantitative Studien vermehrt in den Fokus genommen. Dies zeigen beispielsweise Studien wie COACTIV (Krauss et al., 2008), MT21 (Blömeke et al., 2008), TEDS-M (Blömeke et al., 2010), Untersuchungen von Riese (2009) und ProwiN (Borowski et al., 2010).

Laut derzeitigem Forschungsstand lässt sich Professionswissen insbesondere in den naturwissenschaftlichen Fächern in drei Hauptdomänen unterteilen: Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen. Daneben werden auch Beliefs und motivationale Orientierungen als zentrale Einflussfaktoren der professionellen Kompetenz von Lehrkräften gesehen (Baumert & Kunter, 2006). Das Fachwissen beschränkt sich dabei rein auf fachliche Inhalte, wobei bisher nicht geklärt ist, wie tief eine Lehrkraft das Fach durchdrungen haben sollte. So wird Fachwissen in der COACTIV-Studie beispielsweise als vertieftes Hintergrundwissen des Schulstoffes operationalisiert (Krauss et al., 2008).

Die zweite Professionswissensdomäne, das fachdidaktische Wissen, wird als jenes Wissen bezeichnet, das die Lehrkraft benötigt, um geeignete Lerngelegenheiten für Schülerinnen und Schüler zu schaffen, in denen sie bestimmte Inhalte erlernen können (Fischer et al., 2012). Fachdidaktisches Wissen scheint Haupteinflussfaktor für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zu sein, so dass diesem Professionswissensbereich höhere Bedeutung für den Unterricht beizumessen ist als dem Fachwissen allein (Baumert & Kunter, 2011).

Die dritte Hauptdomäne des Professionswissens einer Lehrkraft, das pädagogische Wissen, umfasst laut Shulman (1986) allgemeine Aspekte der Organisation und des Classroom Managements, wobei dieses Wissen von Fischer et al. (2012) als notwendige, aber nicht

hinreichende Voraussetzung für die Verwendung von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen sowie für die Förderung fachspezifischer Lernprozesse gesehen wird.

(Physik)-Lehramtsausbildung in Österreich

Die Lehramtsausbildung in Österreich findet an zwei unterschiedlichen Lehrerausbildungsinstitutionen, der Pädagogischen Hochschule und der Universität, statt. Hauptunterschiede der beiden Ausbildungsinstitutionen liegen in der Lehrbefähigung für verschiedene Schultypen (Ausbildung für die Grund- u. Hauptschule ist an der Pädagogischen Hochschule und für höhere Schulen an der Universität), der Studiendauer und dem Ausbildungsschwerpunkt. Die Pädagogische Hochschule sieht ein sechssemestriges Studium mit dem Schwerpunkt einer pädagogischen Ausbildung vor. Die Universität setzt auf ein fachlich orientiertes, neunsemestriges Studium, dem anschließend ein Praxisjahr folgt.

Fragestellung und Untersuchungsdesign

Mittels standardisiertem Fragebogeninstrument (Riese, 2009) wurde eine österreichweite Befragung zum Professionswissen von insgesamt 189 Physiklehramtsstudierenden an 5 Pädagogischen Hochschulen (67 Probanden, 35 % der Gesamtstichprobe) und 5 Universitäten (122 Probanden, 65 %) durchgeführt. Die Befragung wurde im Rahmen von Lehrveranstaltungen durchgeführt, um eine Positivauswahl vermeiden zu können. Ferner wurde auf eine Streuung bzgl. der Fachsemester (4.16, SD = 2.8) geachtet.

Ergebnisse

Die Analyse der demographischen Daten der beiden untersuchten Kohorten zeigt folgende Unterschiede: Die beiden Gruppen unterscheiden sich hoch signifikant, zu Ungunsten der Studierenden der Pädagogischen Hochschule, im absolvierten Umfang der während der Schulzeit besuchten Physikstunden, wobei wir diese als Indiz für physikalische Vorbildung werten. Zusätzlich wurde festgestellt, dass deutlich weniger Studierende der Pädagogischen Hochschule die Matura in Physik wählten, als jene der Universität. Erwartungsgemäß wurden signifikante Unterschiede der beiden Kohorten in den Fachsemestern ($p < .05$) und Semesterwochenstunden im Fach ($p < .001$), in der Fachdidaktik ($p < .01$) und in Pädagogik ($p < .001$) festgestellt. Nur bei Letzterem übertreffen Studierende der Pädagogischen Hochschule ihre Kolleginnen und Kollegen an der Universität, die in den anderen Bereichen voranliegen. Bezüglich der Leistungen im Professionswissen lassen sich erhebliche Unterschiede der beiden Kohorten feststellen (siehe Tabelle 1).

	Fachwissen***	Fachdidaktisches Wissen***	Pädagogisches Wissen***
Pädagogische Hochschule	87 (SD=12,1)	92,6 (SD=16,8)	107,1 (SD=17,8)
Universität	107,1 (SD=19,9)	104,1 (SD=20,5)	96,1 (SD=20,1)

Anmerkungen: Werte normiert auf Mittelwert 100 und Standardabweichung 20 der österreichischen Stichprobe; *** $p < .001$ im T-Test

Tab. 1: Professionswissen Physiklehramtsstudierender in Österreich

Universitätsstudierende weisen einen deutlichen Vorsprung im Bereich des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens gegenüber ihrer Kolleginnen und Kollegen an der Pädagogischen Hochschule auf. Im Bereich des pädagogischen Wissens sind jedoch Studierende der anderen Gruppe besser. Die Mittelwertunterschiede liegen in allen drei Bereichen auf hoch signifikantem Niveau. Eine Regressionsanalyse ergibt, dass die großen Differenzen im Fachwissen selbst bei Kontrolle der Variablen Schulnote, Schulstunden in Physik, Fachsemesterwochenstunden und Geschlecht nicht statistisch erklärt werden können. Beim fach-

didaktischen Wissen lässt sich durch die Kontrolle der Schulnote, der Schulstunden in Physik und des Fachwissens der Unterschied erklären. Die Semesterwochenstunden in der Fachdidaktik sind jedoch kein signifikanter Prädiktor dieses Wissensbereichs.

Diskussion und Ausblick

Die Studie über das Professionswissen von Physiklehramtsstudierenden in Österreich zeigt große Unterschiede der beiden Ausbildungsinstitutionen – Pädagogische Hochschule und Universität. Studierende der Universität weisen deutliche Vorteile im Fachwissen und fachdidaktischen Wissen auf, wobei im Gegensatz dazu Studierende der Pädagogischen Hochschule im pädagogischen Wissen bessere Leistungen erbringen. Vor dem Hintergrund, dass „Fachwissen eine notwendige, wenn auch nicht hinreichende Bedingung für guten Unterricht“ (Neuweg, 2011, S. 457) darstellt und das fachdidaktische Wissen zusätzlich von großer Bedeutung für die Lernfortschritte der Schülerinnen und Schüler zu sein scheint (Baumert & Kunter, 2011), sollte der fachbezogenen Ausbildung an den Pädagogischen Hochschulen in Österreich in Zukunft mehr Raum gegeben werden. Überdies stellt sich heraus, dass die Anzahl der absolvierten Semesterwochenstunden in Fachdidaktik keine signifikante Rolle für die Leistung im Fachdidaktiktest zu sein scheint. Dies stellt die fachdidaktische Ausbildung und deren Wirkung oder aber die Validität des genutzten Testinventars im österreichischen Lehramtsstudium in Frage. Dieses Ergebnis liefert damit möglicherweise Hinweise zur Notwendigkeit von (momentan nicht existierenden) Standards in der Physik-Fachdidaktikausbildung in Österreich. Sollten sich die Ergebnisse erhärten, wäre es dringend geboten, Standards in der Fachdidaktik bzw. im weiteren Sinne in der gesamten Lehrerausbildung in Österreich zu etablieren.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469-520
- 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. Münster: Waxmann, 163-192
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2008). Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare - Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung. Münster: Waxmann
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2010). TEDS-M 2008. Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Mathematiklehrkräfte für die Sekundarstufe I im internationalen Vergleich. Münster [u.a.]: Waxmann
- Borowski, A., Neuhaus, B. J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H. E., Leutner, D., Sandmann, A. & Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN). Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 341-349
- Fischer, H. E., Borowski, A. & Tepner, O. (2012). Professional Knowledge of Science Teachers. In B. J. Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie (Hrsg.), Second international handbook of science education. Dordrecht: Springer, 435-448
- 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 (3/4), 223-258
- Neuweg, H. G. (2011). Das Wissen der Wissensvermittler. Problemstellungen, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrwissen. In E. Terhart (Hrsg.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. Münster: Waxmann, 451-477
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos Verlag
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. Educational Researcher, 15 (2), 4-14

Sophie Kirschner¹
 Andreas Borowski²
 Hans E. Fischer¹

¹Universität Duisburg-Essen
²RWTH Aachen

Die Modellierung des Professionswissens von Physiklehrkräften

Einleitung

Professionswissen gilt als wichtige Grundlage für lernfördernden und motivierenden Unterricht. Im Rahmen des Projekts „Professionswissen in den Naturwissenschaften (ProwiN)“ wird dieses Wissen von Lehrkräften in den Fächern Biologie, Chemie und Physik erforscht (Borowski et al., 2010). Dabei wird das Professionswissen fächerübergreifend in die Dimensionen Fachwissen (CK), fachdidaktisches Wissen (PCK) und pädagogisches Wissen (PK) unterteilt und modelliert. Innerhalb des Gesamtprojekts fokussiert diese Teilstudie auf das Professionswissen von Physiklehrkräften.

Forschungsfragen Können die Dimensionen des Professionswissens empirisch bestätigt werden? Wenn ja, wie hängen die Dimensionen untereinander und mit ausgewählten demographischen Variablen zusammen?

Studie

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein reliabler und valider modellbasierter Papier-und-Bleistift-Test zum Professionswissen verwendet (Kirschner, Borowski & Fischer, 2012). Die Testdauer betrug zwei Stunden, die Tests wurden unter Aufsicht durchgeführt. Die Probandinnen und Probanden nahmen freiwillig teil.

Die Gesamtstichprobe besteht aus 518 Personen, davon 279 Physiklehrkräften. Von diesen unterrichteten 216 am Gymnasium (GY) und 63 an anderen Schulzweigen der weiterführenden Schulen (Hauptschule, Realschule, Gesamtschule, NGY). Von den 197 Physiklehrern und 78 Physiklehrerinnen kamen 144 aus NRW, 64 aus Bayern und 71 aus anderen Bundesländern. Ihr Alter lag im Mittel bei 42 Jahren (SD=13). Zur Validierung wurden 31 Gymnasiallehrkräfte anderer Fächer, (Nicht-Physiklehrkräfte), 103 Lehramtsstudierende der Physik, 62 Physiklehrkräfte im Vorbereitungsdienst (LiV) sowie 43 Physik-Studierende und Diplom-PhysikerInnen befragt und analysiert. Die Gesamtstichprobe kommt durch das Zusammenfassen zweier Studien zustande, in denen zum Teil identische CK- und PCK-Items verwendet wurden.

Ergebnisse

Auswertung Alle Antworten zu CK- und PCK-Items wurden von zwei studentischen Hilfskräften mit Hilfe eines Manuals kodiert. Zwei PCK Items und ein CK Item mussten ausgeschlossen werden, da sie das Kriterium für die Interrater-Übereinstimmung (ICC >.7) nicht erfüllten. In einer nachfolgenden Raschanalyse konnten Unterschiede zwischen den beiden Raterinnen und den beiden Studien modelliert, sowie die Dimensionalität des Konstrukts Professionswissen untersucht werden.

Dimensionen Es wurde untersucht, ob das Professionswissen aus ein, zwei oder drei Dimensionen besteht. Zu diesem Zweck wurde die Final Deviance als Maß für die Modellgüte für die verschiedenen Modelle berechnet und verglichen. Wie in Tabelle 1 zu sehen ist, ist die Final Deviance für das dreidimensionale Konstrukt signifikant am kleinsten. Die Aufteilung in CK, PCK und PK fittet also bestens; es handelt sich um drei empirisch trennbare Dimensionen.

Testgüte Alle analysierten Items haben eine Modelpassung mit einem $MnSq < 2.0$ (Linacre, 2011). Für alle Physiklehrkräfte, die das komplette Testheft ausgefüllt haben ist die mit Cronbachs α vergleichbare EAP/PV-Reliabilität (Rost, 2004) akzeptabel bis gut.

Sie liegt für den PCK-Test bei .78, für den CK-Test bei .85 und für den hier verwendeten deklarativen Teil des PK-Tests bei .69.

	Final Deviance	Final Deviance /Freiheitsgrade
Eine Dimension: Professionswissen	25388	201
Zwei Dimensionen: Fachspezifisches Professionswissen (CK & PCK) und pädagogisches Wissen (PK)	24950	195
Zwei Dimensionen: Wissen über das Fach (CK) und Wissen über Unterricht (PCK & PK)	25438	199
Drei Dimensionen: CK, PCK und PK	24629	188

Tab. 1: Dimensionsprüfung

Alle vier Bedingungen unterscheiden sich mit $p < .001$ (Chi-Quadrat-Test) voneinander.

Korrelationen zwischen den Dimensionen Für alle Physiklehrkräfte korrelieren CK und PCK nach Pearson mit $r = .45$, $p < .001$. Der Zusammenhang für die Subgruppen der Schultypen ist niedriger: Für GY-Lehrkräfte liegt er bei $r = .33$, $p < .001$ und für NGY-Lehrkräfte bei $r = .32$, $p < .05$. In Abb. 1 ist der Zusammenhang zwischen CK und PCK abgebildet. Hervorzuheben ist, dass in der Stichprobe weder Lehrkräfte mit gleichzeitig hohem CK und niedrigem PCK noch mit gleichzeitig hohem PCK und niedrigem CK vorkamen. Dies steht im Gegensatz zu Ergebnissen der COACTIV-Studie mit Mathematiklehrkräften (Krauss et al., 2008).

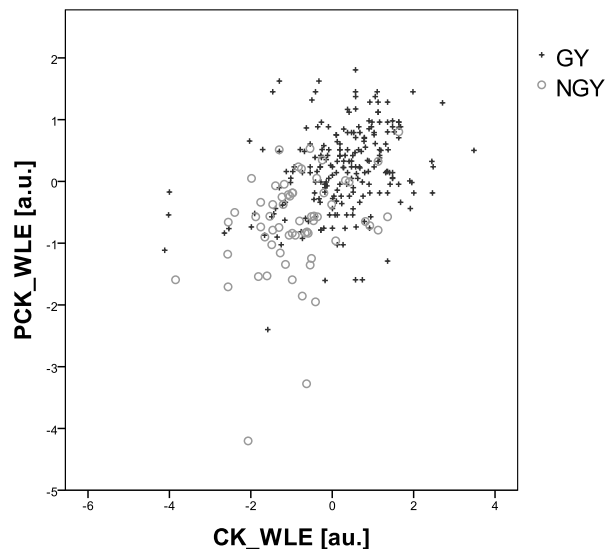


Abb. 1: Zusammenhang zwischen CK und PCK für Physiklehrkräfte

Für alle Lehrkräfte ist die Korrelation zwischen CK und PCK höher als die Korrelationen von CK bzw. PCK zu PK. Der Zusammenhang zwischen PCK und PK liegt bei $r = .27$, $p < .001$. Wie erwartet liegt der Zusammenhang zwischen den Dimensionen CK und PK nur bei $r = .17$, $p < .05$.

Abhängige Variable	Unabhängige Variable	Beta, standardisiert	Signifikanz
PCK	Unterrichtet in der Oberstufe	,39	<.001
	Alter	-,20	<.005
	Häufigkeit ind. Weiterbildung	,18	.005
	Unterrichtet in der Unterstufe	-,15	<.05
CK	Physik studiert	,31	<.001
	Unterrichtet am Gymnasium	,35	<.001
	Geschlecht	,26	<.001
	Allg. päd. Fortbildungen	-,14	<.05

Tab. 2: Lineare Regression: Einfluss demographischer Variablen auf PCK und CK
 $R^2(\text{PCK})=.30$, $R^2(\text{CK})=.39$

Regressionen In einer linearen Regression wurde der Einfluss der demographischen Variablen auf CK und PCK untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt. Insgesamt erklären die Modelle 30% der Varianz für PCK auf und 39% für CK.

Es lässt sich erkennen, dass PCK größer ist, wenn Lehrkräfte in der Oberstufe unterrichten und kleiner, wenn sie in der Unterstufe unterrichten. Der negative Einfluss des Unterrichts in der Unterstufe ist knapp halb so groß wie der positive Einfluss des Unterrichts in der Oberstufe. Steigendes Alter hat einen negativen Einfluss auf das Ergebnis im PCK-Test, was durch eine veränderte Lehrerausbildung begründet sein kann; häufige individuelle Weiterbildung hat einen positiven Einfluss. Den stärksten Einfluss auf das Fachwissen hat der aktuelle Unterricht am Gymnasium, dicht gefolgt vom Studium der Physik. 53 Lehrkräfte haben nicht Physik studiert. Lehrerinnen schneiden im CK-Test schlechter ab als Lehrer. CK sinkt mit der Häufigkeit des Besuchs allgemein pädagogischer Fortbildungen, die als Maß für die Einstellung der Lehrkräfte interpretiert werden kann.

Ungeklärt ist der Zusammenhang zwischen dem Professionswissen und Lehrerhandeln. Die Ergebnisse der Regressionen können deshalb nicht darauf verallgemeinert werden, was eine gute Lehrkraft ausmacht.

Ausblick

Eine weitere Untersuchung des Konstrukts fachdidaktisches Wissens wird folgen. Die Tests zum Professionswissen werden in der ProwiN-Videostudie eingesetzt, um den Zusammenhang zwischen Wissen und Handeln der Lehrkräfte sowie Schülerleistung und -motivation zu untersuchen (Cauet, Borowski & Fischer, 2011).

Literatur

- Borowski, A., Neuhaus, B.J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H.E., Leutner, D., Sandmann, A. & Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften,
- Cauet, E., Borowski, A. & Fischer, H.E. (2012). Zusammenhänge zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften, Unterrichtshandeln und Schülerleistung – Projektskizze. In S. Bernhold (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: Lit,
- Kirschner, S., Borowski, A. & Fischer, H.E. (2011). Das Professionswissen von Physiklehrkräften - Ergebnisse der Hauptstudie, In S. Bernhold (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: Lit, 209-211
- 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 (3/4), 223-258
- Linacre, J. M. (2011). A User's Guide to WINSTEPS® M I N I S T E P Rasch-Model Computer Programs Program Manual 3.72.0. Winsteps.com
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie/Testkonstruktion*. Bern: Hans Huber

Professionswissen von Lehramtsstudierenden der Physik und der Chemie - Einführung in das Postersymposium

Das Professionswissen von (angehenden) Lehrkräften ist bereits seit einigen Jahren Gegenstand von Untersuchungen. Insbesondere in der Mathematik sind umfassende Studien wie TEDS-M oder COACTIV durchgeführt worden – für die Naturwissenschaftsdidaktik fehlen solche breit angelegten Untersuchungen jedoch bislang (vgl. Zlatkin-Troitschanskaia & Kuhn, 2010). Sowohl über die Struktur des Professionswissens als auch über seine Entwicklung im Verlauf von Studium und zweiter Ausbildungsphase liegen wenige Ergebnisse vor. Es mangelt auch an geeigneten Modellen und Erhebungsinstrumenten.

Aktuell sind einige Projekte angelaufen, die sich in breiter angelegten Ansätzen mit speziellen Bereichen des Professionswissens auseinandersetzen. Die drei Projekte KiL („Messung professioneller Kompetenzen in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen“; IPN Kiel), Ko-WADIS („Kompetenzmodellierung und -erfassung zum Wissenschaftsverständnis über naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweise bei Lehramtsstudierenden in den drei naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik“; FU Berlin, HU Berlin) und ProfiLe-P („Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik“; U Paderborn, U Duisburg-Essen, U Bremen) haben dabei trotz ähnlicher Ziele die Akzente so unterschiedlich gesetzt, dass eine Kontrastierung der Projekte in einem Symposium sinnvoll erschien.

In diesem Übersichtsbeitrag soll kurz aus Sicht des Symposiumorganisors berichtet werden, wie sich die Projektverbände vergleichen lassen. Er dient somit dazu, einen Überblick zu geben und ein kurzes Fazit der Diskussionen während des Symposiums zu ziehen. Auf den daran anschließenden Seiten werden dann die einzelnen Teilprojekte der Verbände KiL, ProfiLe-P und Ko-WADIS vorgestellt.

Der Forschungsstand im kurzen Überblick

Die meisten Untersuchungen im Bereich des Professionswissens oder der professionellen Handlungskompetenz – auch TEDS-M und COACTIVE – orientieren sich an der Unterteilung des Professionswissens nach Shulman (1987). Dabei werden drei Dimensionen unterschieden: Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen. Fachwissen ist eine wichtige Grundlage für guten Fachunterricht (z.B. Baumert & Kunter, 2006). Fachdidaktisches Wissen ist das Wissen, das Lehrkräften dabei hilft, Fachwissen in Lehr-Lernprozesse einzubringen; es hat sich als wichtiger Prädiktor für angemessene Unterrichtsführung herausgestellt (Baumert et al., 2010). Auch für die Naturwissenschaften gibt es Untersuchungen zu diesen Teilbereichen des Professionswissens (Abell, 2007; de Jong, Korthagen & Wubbels, 1998), doch die Integration in ein echtes Rahmenmodell steht noch aus. Insbesondere das fachdidaktische Wissen ist bislang in den Naturwissenschaften nicht einheitlich operationalisiert worden. Die Mathematik ist hier bereits weiter fortgeschritten.

In den letzten Jahren ist in der Physik grundlagenforschend über den Bereich des Professionswissens gearbeitet worden; für Lehrkräfte wurde Kompetenzmodellierung von Borowski et al. (2010) betrieben, für Lehramtsstudierende ist insbesondere die Arbeit von Riese & Reinhold (2010) zu nennen. In beiden Studien war jedoch keine Detailanalyse des Zusammenhangs von fachdidaktischem Wissen, Fachwissen und pädagogischem Wissen möglich.

Die Projektverbünde KiL, Ko-WADIS und ProfiLe-P im Vergleich

Schon in der theoretischen Konzeption gibt es zwischen den drei Projektverbänden, die in dem Symposium vertreten waren, beachtliche Unterschiede.

Während ProfiLe-P und KiL die drei Dimensionen von Shulman (1987) bzw. daran anschließenden Arbeiten direkt als Forschungsgrundlage wählen, geht *Ko-WADIS* einen anderen Weg. Ausgangspunkt ist hier die ursprünglich für Schülerinnen und Schüler vorgenommene Konzeption des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung aus den Bildungsstandards der Naturwissenschaften für den mittleren Bildungsabschluss. *Ko-WADIS* hat nun das Ziel, das Wissenschaftsverständnis von Studierenden bezüglich naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen zu modellieren und zu diagnostizieren. Dies soll auch in einem Längsschnitt über das Studium geschehen. In Bezug auf das dreidimensionale Modell professionellen Handlungswissens könnten Fähigkeiten dieses Bereichs wohl sowohl im Fachwissen als auch (in einigen Aspekten) im fachdidaktischen Wissen einer Lehrkraft verortet werden. Sie liegen damit gewissermaßen „quer“ zu den Dimensionen, dies unterscheidet das Projekt von KiL und ProfiLe-P. Im Verbund von *Ko-WADIS* sind alle drei naturwissenschaftlichen Fächer mit Teilprojekten beteiligt, bezüglich des grundsätzlichen Designs der Erhebungen gibt es dabei keine Unterschiede zwischen Physik, Chemie und Biologie. So könnte für ein wichtiges Ziel der Lehramtsausbildung auch ein Vergleich zwischen den drei naturwissenschaftlichen Fächern vorgenommen werden.

KiL und *ProfiLe-P* teilen in den Zielen viele Gemeinsamkeiten. Beide Forschungsverbände möchten Messinstrumente für Fachwissen und fachdidaktisches Wissen entwickeln und den Zusammenhang der Kompetenzbereiche näher ergründen. Der Fokus liegt bei *KiL* jedoch stärker auf der Methodenentwicklung, bei *ProfiLe-P* eher auf der Strukturanalyse bzw. der Modellierung. Hinzu kommt, dass *ProfiLe-P* im Teilprojekt *EWis* fachdidaktisches Wissen in einer ausgewählten Vermittlungssituation, nämlich dem Erklären, im Prozess erheben möchte. Hier werden also Detailaussagen darüber möglich, wie deklaratives und analytisches fachdidaktisches Wissen bzw. Fachwissen in einer unterrichtsnahen Vermittlungssituation zur Geltung kommen. *KiL* hingegen konzentriert sich nicht nur auf die Physik, sondern in eigenen Teilprojekten auch auf die anderen Naturwissenschaften sowie auf pädagogisches Wissen; dieser Bereich wird in *ProfiLe-P* nur am Rande berücksichtigt. Zudem sollen in *KiL* auch im Bereich Physik noch andere Inhaltsbereiche als nur die oftmals als repräsentativ angenommene Mechanik einbezogen werden. *ProfiLe-P* konzentriert sich inhaltlich im Gegensatz dazu ausschließlich auf die Mechanik.

Im Symposium hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse aller drei Projekte lohnenswert aufeinander bezogen werden können. In jedem der Verbände sind detaillierte Aussagen über den jeweiligen Fokus möglich, während andere Bereiche eher globaler behandelt werden. Der Vergleich der Ergebnisse aller drei Projekte könnte somit die Aussagekraft noch weiter stärken. Insbesondere in der Frage des Vergleichs von Fachausbildungen und der Validität der Testinstrumente wäre eine gegenseitige Bezugnahme wünschenswert.

Im Symposium vertreten waren im Rahmen des Verbunds *ProfiLe-P* alle drei Teilprojekte (Modellierung von Fachwissen, deklarativem bzw. analytischem fachdidaktischen Wissen, Erklärungswissen). Aus dem Verbund *KiL* nahmen die beiden Teilprojekte zu den Fächern Physik und Chemie teil, ebenso aus dem Verbund *Ko-WADIS*. Diese einzelnen Teilprojekte der Verbände werden auch auf den folgenden Seiten vorgestellt.

Literatur

- Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 1105-1149
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, 469-520
- Borowski, A., Neuhaus, B., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H. E., Leutner, D., Sandmann, A. & Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16
- Jong, O. de, Korthagen, F. & Wubbels, Th. (1998). Research on science teacher education in Europe: teacher thinking and conceptual change. In B. J. Frazer and K. G. Tobin (Hrsg.), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 745-758
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 167-187
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Education Review*, 57 (1), 1-22

Physik erklären – Erklärungswissen von Physikstudierenden

In diesem Beitrag wird das Projekt *EWis* (Erklärungswissen von Physikstudierenden) in seiner Anlage vorgestellt. *EWis* ist ein Teilprojekt des Verbundvorhabens *ProfiLe-P* (Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik, s. Kulgemeyer et al., im Druck). In *EWis* sollen Struktur und Entwicklung des Erklärungswissens von Physikstudierenden modelliert werden. Ein ausgeprägtes Erklärungswissen ist notwendig, um physikalische Sachverhalte gut erklären zu können. Der Erklärungsbegriff wird dabei wie in den Studien von Gage (1968) sehr weit gefasst. Darunter werden alle – primär jedoch mündliche – Handlungen gezählt, die auf das Verstehen des Sachverhalts beim Adressaten abzielen. In *EWis* wird eine qualitative Erhebungsmethode entwickelt, mit der Erklärungswissen *im Prozess* diagnostiziert werden kann. Grundlegende Überlegungen dazu werden in diesem Beitrag dargestellt.

Professionelle Handlungskompetenz und Erklärungswissen

In gängigen Strukturmodellen der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften werden zumeist die drei Dimensionen Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisch-psychologisches Wissen betrachtet (vgl. Riese, 2009; Kunter et al., 2011). In den meisten Untersuchungsvorhaben werden diese Wissensbereiche mit schriftlichen Tests erhoben. Dabei wird angenommen, dass dieses theoretische Wissen entscheidend für das professionelle Handeln in realen Situationen sei. Der tatsächliche Einfluss dieses Wissens auf die Handlungskompetenz angehender Lehrkräfte in realen Situationen ist aber noch nicht ausreichend geklärt. Hier setzt die Untersuchung des Erklärungswissens an.

Bei Schülerinnen und Schülern hat sich gezeigt, dass vertieftes Fachwissen bis zu einer bestimmten Ausprägung das sachgerechte und adressatengemäße Erklären fördert. Sehr hohes Fachwissen wirkt sich jedoch tendenziell eher hemmend auf die Fähigkeit adressatengemäß zu erklären aus (Kulgemeyer, 2010). Vergleichbares wird bei Studierenden mit geringem fachdidaktischem Wissen erwartet. Eine Hypothese ist, dass Studierende mit hohem fachdidaktischem Wissen auch bei hohem universitärem Fachwissen noch adressatengemäß erklären können. Allgemein ist zu erwarten, dass fachdidaktisches Wissen das adressatengemäße Erklären fördert.

Mit einem qualitativen Verfahren soll Erklärungswissen in einer standardisierten, aber möglichst realistischen Situation im *Prozess* des Erklärens analysiert werden. Dabei soll sowohl der kognitive Aspekt des Kompetenzkonstrukts als auch der volitionale, motivationale und soziale Aspekt berücksichtigt werden. Analysen, die tatsächliche Handlungen von Lehramtsstudierenden mehrperspektivisch in den Blick nehmen, werden in *EWis* als erster Ansatz angesehen, um Hypothesen über den Einfluss des theoretischen Professionswissens auf das Handeln im Unterricht entwickeln zu können. Der enge Zusammenhang zu unterrichtlichen Handlungen von Lehrkräften besteht dadurch, dass das Erklären physikalischer Phänomene eine Standardsituation im Physikunterricht ist. Wellenreuther (2005, S.167) schreibt dem Erklären sogar eine zentrale Rolle zu: „*Ein wirklich guter Lehrer ist einer, der vor allem kompetent und für seine Schüler verständlich Inhalte mündlich und schriftlich vermitteln kann*“. Dies bestätigen auch Befragungen von Referendaren, die angaben, dass gerade dies ihnen die größten Schwierigkeiten bereite (Merzyn, 2005).

Untersuchungsdesign

Das Erklärungswissen soll als Teil des prozeduralen fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte modelliert werden. Zur Operationalisierung werden Testinstrumente entwickelt, die das sachgerechte und adressatengemäße Erklärungswissen von zukünftigen Physiklehrkräften valide abbilden. Dazu wird eine qualitative Erhebungsmethode, das Lehr-Lern-Rollenspiel nach Kulgemeyer (2010), adaptiert. Mithilfe dieser Methode als Referenz für Erklärungswissen (Benchmark) soll auch ein zu entwickelnder schriftlicher Test validiert werden. Beide Instrumente werden dann genutzt, um die Entwicklung des Erklärungswissens im Verlauf des Studiums zu beschreiben. Zudem wird der Zusammenhang des Erklärungswissens zum physikalischen Fachwissen und zum deklarativ-analytischen fachdidaktischen Wissen untersucht. Die Tests für diese Wissensarten werden an den Universitäten Essen-Duisburg (AG Fischer) und Paderborn (AG Reinhold) entwickelt. Als Themenbereich wurde die Mechanik festgelegt. Die Inhalte und Themen des Fach- und des Fachdidaktiktests fokussieren zudem auf Wissen, das für die Erklärungsaufgaben im *EWis*-Test als relevant angenommen wird (siehe dazu Walzer, Fischer & Borowski, 2013; Gramzow, Riese & Reinhold, 2013, in diesem Band; Kulgemeyer et al., im Druck). Das pädagogisch-psychologische Wissen als Dimension des Professionswissens wird nicht weiter in den Blick genommen. Allgemeine Aspekte der Unterrichtsgestaltung erscheinen uns für konkrete Erklärungssituationen weniger relevant als Fachwissen und fachdidaktisches Wissen – zumindest in den geplanten Laborstudien. Eine Reihe weiterer möglicher Einflussfaktoren auf gute Erklärungsfähigkeit, wie beispielsweise die Verbalisierungsfähigkeit, werden miterhoben.

Um Entwicklungen und Zusammenhänge aufzuzeigen, müssen die Probanden unterschiedliche Gelegenheiten gehabt haben, das jeweilige Wissen im Studium zu erwerben. Zwei Gruppen von Studierenden werden deshalb in einem Längsschnitt je vor und nach der Physikvorlesung zur Mechanik bzw. der ersten fachdidaktischen Lehrveranstaltung getestet. Zudem nehmen auch Studierende höherer Semester an der Untersuchung teil. Zielgruppe der Untersuchung sind Lehramtsstudierende der Physik. Als Kontrollgruppen werden Physik-Vollfachstudierende und Mathematik-Lehramtsstudierende herangezogen.

Das Lehr-Lern-Rollenspiel

Das Lehr-Lern-Rollenspiel ist eine qualitative Erhebungsmethode aus der Forschung zu fachbezogener Kommunikationsfähigkeit von Schülerinnen und Schülern (Kulgemeyer, 2010). Sie wird in der aktuellen Untersuchung auf Studierende übertragen. Diese werden in die Situation gebracht, einem Schüler oder einer Schülerin der 10. Klasse einen physikalischen Sachverhalt zu erklären, z. B. warum ein Motorrad bei nasser Straße aus der Kurve fliegt. Die Erklärungen der Studierenden werden videografiert. Die Schülerinnen und Schüler sind für ihre Rolle als Adressaten einer Erklärung so trainiert, dass sie bei jeder Erklärung ähnlich reagieren und jeweils bestimmte Fragen stellen. Sie fragen u. A. nach Beispielen oder vermitteln Unverständnis, wie „Das habe ich noch nicht verstanden. Kannst du das noch mal anderes erklären?“. Das Adressatentraining dient zur Standardisierung der Testsituation, so dass bei der Auswertung der Videos die Reaktionen der Studierenden auf die Fragen der Adressaten verglichen werden können. Um adressatengemäß zu erklären, muss ein Erklärer insbesondere in der Lage sein, von seiner vorbereiteten Erklärung abzuweichen, um sie an die Bedürfnisse des Adressaten anzupassen.

Zu Beginn des Lehr-Lern-Rollenspiels haben die Studierenden 10 Minuten Zeit, sich mittels Erklärungshilfekarten auf die Erklärung vorzubereiten. Die Karten enthalten unterschiedlich abstrakte Darstellungen der zu erklärenden Situation oder von Aspekten davon: als reales Bild, Bildanalogie oder als logisches Bild (Kulgemeyer & Schecker, 1999; Sumfleth & Gnoyke, 1995). Direkt im Anschluss an die Vorbereitungsphase werden die Erklärer mit

einer Schülerin oder einem Schüler zusammengebracht, um den Sachverhalt zu erklären. Die Erklärungshilfekarten können von den Studierenden auch während der Erklärung genutzt werden. Die Vorbereitungs- und Erklärungsdauer sind aus testökonomischen Gründen auf jeweils zehn Minuten beschränkt.

Zu jedem Testzeitpunkt muss jeder Proband zwei unterschiedliche Sachverhalte erklären, um zu erforschen, ob das Erklärungswissen vom erklärten Inhalt abhängt.

Auswertung der Erklärungsvideos

Das Videomaterial zu den Lehr-Lern-Rollenspielen wird mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Eine *sachgerechte* Erklärung spiegelt sich in einer fachlich fehlerfreien Erklärung der Inhalte wieder. Für die Bewertung, ob die Erklärung auch *adressatengemäß* ist, werden zunächst Kriterien für effektives Erklären aus früheren Studien herangezogen (Kiel 1998; Kulgemeyer, 2010). Dazu zählen unter anderem das Berücksichtigen des Vorwissens des Adressaten, verständnisversichernde Rückfragen durch den Erklärer (z. B. „Hast du das verstanden?“) sowie treffende Beispiele und grafische sowie gegenständliche Hilfsmittel. Es wird zusätzlich angenommen, dass Erklärungen auf Ebenen unterschiedlichen Abstraktionsgraden erfolgen können, die sich vor allem in der grafischen Darstellungsform (reales oder logisches Bild), der Sprache (Alltags-, Bildungs- oder Fachsprache) und dem Grad der Mathematisierung unterscheiden. Ein guter Erklärer muss zwischen diesen Ebenen wechseln können, um seine Erklärung dem Adressaten anzupassen. Es wird untersucht, ob der Erklärer nach entsprechenden Impulsen des entsprechend trainierten Adressaten die Ebenen variieren kann. Beispielsweise muss ein guter Erklärer, der zunächst in Fachsprache formuliert hat, nach dem Impuls „Das habe ich nicht noch verstanden, die Begriffe waren so kompliziert“ in der Lage sein den Sachverhalt auch in Bildungs- oder Alltagssprache darzustellen.

Stand der Arbeit

Derzeit wird das Kodiermanual anhand von 20 Videos aus einer Präpilottierung entwickelt. An der Präpilottierung haben Physikstudierende (Lehramt und Vollfach) am Ende oder kurz nach Ende ihres Studiums teilgenommen. An der Pilotierung, die Ende 2012 durchgeführt wird, sollen vor allem Studierende in den Anfangssemestern teilnehmen. Die Haupterhebung beginnt im Wintersemester 2013/14. Hier werden im Verlauf eines Jahres zu verschiedenen Zeitpunkten Gruppen aller Semester getestet.

Literatur

- Gage, N. L., Belgard, M., Dell, D., Hiller, J. E., Rosenshine, B. & Unruh, W. R. (1968). Exploration of the Teacher's Effectiveness in Explaining. Technical Report No.4. Stanford, California: Stanford Center for Research and Development in Teaching
- Kulgemeyer, C. (2010). Physikalische Kommunikationskompetenz - Modellierung und Diagnostik. Berlin: Logos
- Kulgemeyer, C., Borowski, A., Fischer, H., Gramzow, Y., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., Tomczyszyn, E. & Walzer, M. (im Druck). ProfiLe-P – Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik. Vorstellung eines Forschungsverbundes. In PhyDid B - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung
- Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2009). Physikalische Darstellungsformen - Ein Beitrag zur Klärung von „Kommunikationskompetenz“. MNU, 62 (6), 328-331
- Kiel, E. (1999). Erklären als didaktisches Handeln. Würzburg: Ergon
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.) (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann
- Merzyn, G. (2005). Junge Lehrer im Referendariat. MNU, 58 (1), 4-7
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos
- Sumfleth, E. & Gnoyke, A. (1995). Die Bedeutung bildlicher Symbolsysteme für Theoriebildungen in der Chemie. MNU, 38 (1), 14-21
- Wellenreuther, M. (2005). Lehrer und Lernen – aber wie? Empirisch-experimentelle Forschung zum Lehren und Lernen im Unterricht. Baltmannsweiler: Schneider

Innere Struktur und Operationalisierung Fachdidaktischen Wissens

Problemstellung und Ziele des Projekts

Das Verbundprojekt Profile-P (vgl. Kulgemeyer et al., eingereicht) beschäftigt sich mit der Struktur des Professionswissens von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Untersucht werden sollen die Zusammenhänge von Fachwissen, Fachdidaktischem Wissen und Erklärungswissen. Im Mittelpunkt des hier vorgestellten Teilprojekts DaWis steht das Fachdidaktische Wissen. Es spielt in der Lehrerausbildung eine zentrale Rolle und wurde in zahlreichen nationalen und internationalen Ansätzen beschrieben. Trotzdem existiert keine einheitliche, innere Modellierung des Konstrukts. Alle bisherigen Studien zum Fachdidaktischen Wissen können lediglich belastbare Aussagen über den Wissensstand ihrer Probanden auf der Ebene von Gesamtscores machen, darüber hinaus sind die Ergebnisse dieser Studien aufgrund unterschiedlicher Modellierungen des Fachdidaktischen Wissens nur schwer vergleichbar. Ausgehend von dieser Problematik wurde im Projekt DaWis ein möglichst breit angelegtes Modell der inneren Struktur des universitären Fachdidaktischen Wissens von Lehramtsstudierenden und Übungsleitern entwickelt. Auf dieser Grundlage soll ein modellkonformes Testinstrument entwickelt werden, das sowohl zusammenhängende Aussagen über die innere Struktur des Fachdidaktischen Wissens als auch eine Aufklärung der Zusammenhänge zwischen den Teildimensionen des Professionswissens (Teilprojekt FaWis und EWis, s. Beiträge in diesem Band) möglich macht. Außerdem sollen differenzierte Aussagen über verschiedene Probandengruppen ermöglicht werden.

Modellentwicklung

Ausgehend von einer Analyse verschiedener Konzeptualisierungen von Fachdidaktischem Wissen (FDW) und pedagogical content knowledge (PCK) wurde ein eigenes Modell Fachdidaktischen Wissens mit dem Schwerpunkt des an der Universität erwerbbareren Wissens entwickelt. Dieses ordnet sich in die gängigen heuristischen Modelle professioneller Handlungskompetenz in Anlehnung an Baumert und Kunter (2006) ein, wobei das Fachdidaktische Wissen als Teilfacette des Professionswissens und damit als Teil der kognitiven Dispositionen betrachtet wird.

Für die Modellentwicklung wurden unterschiedliche Ansätze analysiert und miteinander verglichen (vgl. Gramzow, Riese & Reinhold, eingereicht). Zunächst wurden bereits existierende Konzeptualisierungen wie beispielsweise die der Projekte von ProWin (Borowski, Tepner, Fischer & Sumfleth, 2011), KiL (Kröger, Euler, Neumann, Härtig & Petersen, 2012), Schmelzing (2010), Riese (2009), COACTIV (Kunter, Baumert, Blum, Klusmann, Krauss & Neubrand, 2011) und MT21 (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008) herangezogen. Theoretische Ansätze zum FDW und PCK wie beispielsweise von Shulman (1987), Magnusson, Krajcik & Borko (1999), Lee & Luft (2008) oder Park & Oliver (2008) lieferten zusätzlich hilfreiche Anhaltspunkte für die eigene Modellierung. Auch normative Setzungen wie beispielsweise die Bildungsstandards (KMK, 2008) oder das Quereinsteiger-Programm PD-Q (Korneck, Lamprecht, Wodzinski & Schecker, 2010) wurden miteinbezogen. Abschließend wurde geprüft, ob auch Aspekte aus der Unterrichtsqualitätsforschung (z.B. Helmke, 2009 oder Vogelsang & Reinhold, 2010) in die Modellierung miteinfließen können. Dies geschah, indem überprüft wurde, ob für die verschiedenen

Merkmale guten Unterrichts die entsprechenden, notwendigen Wissensbereiche der Lehrkraft durch die Konzeptualisierung abgedeckt werden.

Modell der inneren Struktur Fachdidaktischen Wissens

Das entwickelte Modell Fachdidaktischen Wissens besteht aus zwei Dimensionen. Die erste Dimension bezeichnet den fachlichen *Inhalt*, während die zweite Dimension *Facetten* des Fachdidaktischen Wissens betrifft. Die Unterteilung des *Inhalts* wird an dieser Stelle nicht aufgeführt, da dies keine fachdidaktische, sondern eine fachliche Fragestellung ist. Die *Facetten* begründen sich durch eine Sammlung und systematischer Ordnung sowohl bisher formulierter Facetten als auch fachdidaktischer Inhaltsbereiche normativer Setzungen. Sie wurden unter gängigen Schlagworten zusammengefasst. Eine ausführlichere Beschreibung der Facetten findet sich bei Gramzow, Riese & Reinhold (eingereicht).

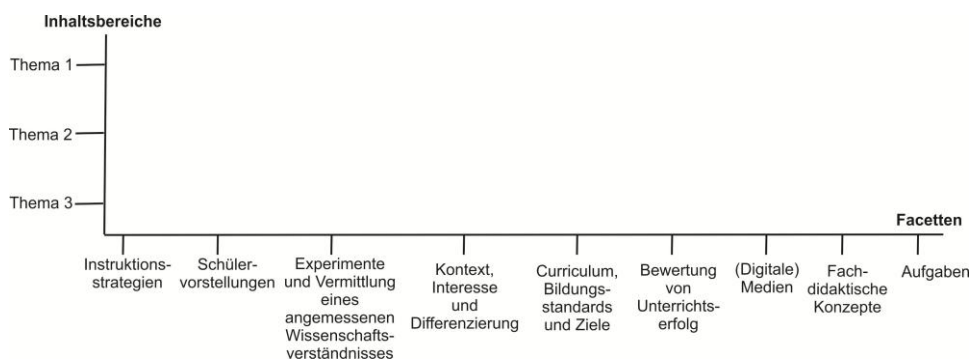


Abb. 1: Konzeptualisierung Fachdidaktischen Wissens (Gramzow, Riese & Reinhold, eingereicht)

Operationalisierung des Fachdidaktischen Wissens

Aufgrund der Größe des vorgestellten Modells ist es nicht möglich, das gesamte fachdidaktische Wissen mithilfe eines Pen & Pencil – Tests bei vertretbarer Testzeit zu operationalisieren. Daher findet eine Beschränkung der Physikalischen Inhalte auf den Bereich der Mechanik und der fachdidaktischen Facetten auf die vier Facetten „Instruktionsstrategien“, „Schülervorstellungen“, „Experimente und Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses“ sowie „Fachdidaktische Konzepte“ statt.

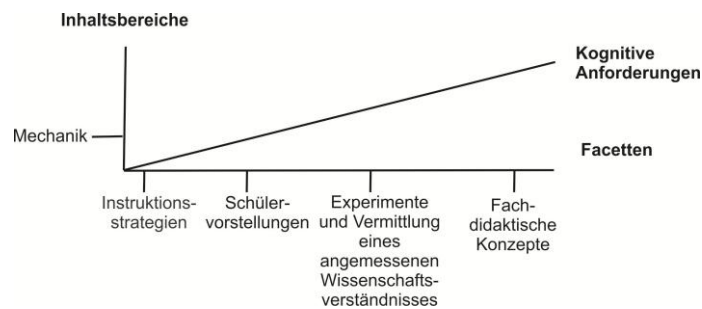


Abb. 2: Modell für die Itementwicklung

Diese Fokussierung begründet sich darin, dass die ersten drei genannten Facetten als besonders relevant für das Erklärungswissen (erfasst im Kooperationsprojekt EWis) und die

Facette „Experimente“ darüber hinaus als besonders bedeutsam für den Physikunterricht vermutet werden. Des Weiteren wird dem Modell für die Itementwicklung (Abb.2) als dritte Dimension die *Kognitive Aktivität* hinzugefügt, die die Anforderungen der jeweiligen Items in die Bereiche „Reproduzieren“, „Analysieren“ und „Anwenden“ unterteilt. Anhand dieses Modells für die Itementwicklung wurden bislang 50 Items konzipiert, die aktuell mithilfe der Methode des „Lauten Denkens“ validiert und anschließend pilotiert werden sollen.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469-520
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2008). Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer – Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und –referendare – Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. Münster: Waxmann Verlag
- Borowski, A., Tepner, P., Fischer, H.E. & Sumfleth, E. (2011). Professionswissen in den Naturwissenschaften (ProwiN). Untersuchungsdesign und verwendete Aufgabenmodelle. In D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Potsdam 2010. Berlin: LIT Verlag.
- Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (eingereicht). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. ZfDN
- Helmke (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Klett-Kallmeyer
- Korneck, F., Lamprecht, J., Wodzinski, R. & Schecker, H. (2010). Quereinsteiger in das Lehramt Physik - Lage und Perspektiven der Physiklehrerbildung in Deutschland. Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG)
- Kröger, J., Euler, M., Neumann, K., Härtig, H. & Petersen, S. (2012). Messung Professioneller Kompetenz im Fach Physik. In Bernholt, S. (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Berlin: LIT Verlag, 616-618
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2008). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16. Oktober 2008). Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.) (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann-Verlag
- Kulgemeyer, C., Borowski, A., Fischer, H., Gramzow, Y., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., Tomcyszyn, E. & Walzer, M. (eingereicht). ProfiLe-P – Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik. Vorstellung des Forschungsprojekts. PhyDid B – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung
- Lee, E. & Luft, J.A. (2008). Secondary Science Teachers' Representation of Pedagogical Content Knowledge. International Journal of Science Education, 30 (10), 1343-1363
- Magnusson, S., Krajicik, L., & Borko, H. (1999).). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Hrsg.), Examining pedagogical content knowledge. Dodrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 95-132
- Park, S. & Oliver, J.S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. Research in Science Education, 38 (3), 261-284.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physik-lehrkräften. Dissertation. Berlin: Logos Verlag
- Schmelzing (2010). Das fachdidaktische Wissen von Biologielehrkräften: Konzeptualisierung, Diagnostik, Struktur und Entwicklung im Rahmen der Biologielehrerbildung. Dissertation. Berlin: Logos Verlag
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. Harvard Education Review, 57, 1-22
- Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2010). Handlungsvalidierung eines Instruments zur Kompetenzdiagnose. In D. Höttecker (Hrsg.), Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Dresden 2009. Berlin: LIT Verlag

Martin Walzer¹
 Hans E. Fischer¹
 Andreas Borowski²

¹Universität Duisburg-Essen
²RWTH Aachen

Fachwissen im Studium zum Lehramt der Physik

Forschungsverbund ProfiLeP

Der vom BMBF finanzierte Forschungsverbund „Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik“ (*ProfiLeP*) ist ein gemeinsames Projekt der Universitäten Paderborn, Bremen, Duisburg-Essen und der RTWH Aachen. Es ist üblich, beim Professionswissen die folgenden drei Dimensionen zu unterscheiden (Baumert & Kunter, 2006): Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen. Das Projekt *ProfiLeP* konzentriert sich dabei auf die beiden Dimensionen Fachwissen und fachdidaktisches Wissen von Studierenden der Lehramter im Fach Physik. Die Teilprojekte „Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden und Übungsleitern im Fach Physik“ (*DaWis*, Universität Paderborn) und „Erklärungswissen von Physikstudierenden“ (*EWis*, Universität Bremen) erforschen die deklarativ-analytischen und prozeduralen Aspekte des fachdidaktischen Wissens. Im Teilprojekt „Fachwissen im Studium zum Lehramt der Physik“ (*FaWis*, Universität Duisburg-Essen und RTWH Aachen) wird das Fachwissen untersucht.

Modell für die Aufgabenkonstruktion

Das Fachwissen von Lehrpersonen als notwendige Voraussetzung für erfolgreiches Unterrichten sollte sich an schulischen Standards, an wissenschaftlich fundiertem Fachwissen und an Wissen orientieren, das für den Prozess des Unterrichtens relevant ist (Krauss et al., 2008; Riese & Reinhold, 2010).

Der Ansatz, das Fachwissen auf verschiedenen Niveaustufen zu testen, ist bereits von einigen Studien (z. B. COACTIV, MT21) aufgegriffen worden. In COACTIV wurde das mathematische Fachwissen in vier Ebenen unterteilt (Kunter et al., 2011): „mathematisches Alltagswissen, Beherrschung des Schulstoffs, tieferes Verständnis der Fachinhalte des Curriculums der Sekundarstufe, reines Universitätswissen“. Auch bei MT21 fand eine Unterteilung des Fachwissens von Mathematiklehrkräften in vier Bereiche statt (Blömeke et al., 2008): „Mathematik der Sekundarstufe I, Mathematik der Sekundarstufe II, Schulmathematik vom höheren Standpunkt, universitäre Mathematik“. Beide Studien beziehen sich dabei zur Beschreibung des „tieferen Verständnisses der Fachinhalte“ bzw. der „Schulmathematik vom höheren Standpunkt“ auf Werke von Kirsch (1987) und Klein (1933), ohne jedoch eine weitergehende Akzentuierung vorzunehmen. Riese (2009) geht in seiner Studie beim physikalischen Fachwissen von drei Niveaustufen aus: „Schulwissen, vertieftes Wissen, universitäres Wissen“. Dort ist unter dem Punkt *vertieftes Wissen* u. a. der Begriff „Wissen multipler Zugänge“ aufgeführt; ein für Physiklehrkräfte wichtiger Wissensbereich, da es für Aufgaben häufig mehrere Lösungsansätze gibt.

Im Teilprojekt *FaWis* erfolgt die Aufgabenkonstruktion auf den drei Schwierigkeitsniveaus:

- Schulwissen
- vertieftes Schulwissen
- universitäres Wissen.

Beim *Schulwissen* wird von den Inhalten ausgegangen, die in den Richtlinien und Lehrplänen für die Sekundarstufen I und II der an diesem Projekt teilnehmenden Bundesländer Bremen und Nordrhein-Westfalen vorgesehen sind, wobei beim Oberstufenstoff eine Beschränkung auf die für den Grundkurs obligatorischen Inhalte

vorgenommen wird. Die Entwicklung von Aufgaben für das *vertiefte Schulwissen* soll nach den folgenden Kompetenzen vorgenommen werden:

- Unterschiedliche theoretische Einordnungen zur Lösung einer Aufgabe nutzen können.
- Unterschiedliche Wege zur Lösung einer Aufgabe identifizieren und anwenden können.
- Ausgehend von einer Schulaufgabe die Randbedingungen erkennen können, unter denen sie gelöst werden kann.
- Ausgehend von einer universitären Aufgabe Schulaufgaben auf einem bestimmten Niveau entwickeln können.
- Ausgehend von einer universitären Aufgabe die einschränkenden Bedingungen einer Schulaufgabe erkennen können.
- Zusammenhänge, Gemeinsamkeiten, Unterschiede von verschiedenen Phänomenen erkennen können.

Das *universitäre Wissen* umfasst das „Wissen, wie es erst innerhalb der physikalischen Ausbildung an der Universität erworben wird“ (Riese, 2009, S. 80), wobei hier sowohl Inhalte der Experimental- als auch der Theorievorlesungen berücksichtigt werden.

Bei der Aufgabenkonstruktion werden die folgenden Wissenskategorien unterschieden:

- Faktenwissen (z. B. Abfragen von Formeln bzw. physikalischen Größen)
- Physikalische Konzepte (z. B. Anwenden der Energie- bzw. Impulserhaltung)
- Physikalisches Modellieren (z. B. Übertragen eines physikalischen Prinzips auf einen anderen Kontext bzw. auf ein anderes physikalisches Gebiet).

Testdesign

In Absprache mit den Teilprojekten *DaWis* und *EWis* erfolgt eine Fokussierung auf die *Mechanik* (vgl. Riese, 2009, S. 75), und dort auf die Themen Arbeit und Energie, Kraft, Impuls, Kreisbewegung und Wurfbewegungen. Darüber hinaus werden *Mechanische Schwingungen* ausschließlich in *FaWis* untersucht, da Schwingungsvorgänge ein wesentlicher Bestandteil der universitären und der schulbezogenen Physik sind. Als Zielgruppe dienen die Lehramtsstudierenden der Physik (sowohl Gymnasium/Gesamtschule als auch Haupt-/Real-/Gesamtschule), zur diskriminanten Validierung sind Bachelorstudierende der Physik (sog. Vollfach), Lehramtsstudierende der Mathematik und Übungsgruppenleiter(innen) der Physik vorgesehen.

Die Pilotstudie findet im Winter 2012 statt, die Hauptstudie vom Winter 2013 bis zum Winter 2014 jeweils zu Beginn und am Ende der Semester. Die gesamte Testlänge (Fachwissen und Kontrollvariablen) beträgt 90 Minuten. Als Kontrollvariablen werden Personenmerkmale (u. a. Schulnoten in Mathematik und Physik, Anzahl der Fachsemester, Studienfächer, Unterrichtserfahrung), die Rechenfähigkeit (z. B. Differenzieren, Integrieren, Vektoren, Termumformungen) und die kognitiven Fähigkeiten erhoben.

Für den sechzigminütigen Fachwissenstest sind 15 Aufgaben geplant (Multiple Choice, Multi-Matrix-Format). Der Fachwissenstest wird zunächst an den teilnehmenden Universitäten eingesetzt. Falls die anvisierte Stichprobengröße von ca. 300 Studierenden nicht erreicht werden sollte, ist die Einbeziehung von weiteren Hochschulen geplant.

Hauptziele

Im Rahmen des Teilprojekts *FaWis* sollen in Anlehnung an bereits durchgeführte Studien in der Mathematik (MT21, TEDS-M) und an nicht universitären Stichproben (COACTIV, ProwiN) die folgenden Ziele erreicht werden:

- Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung des Fachwissens in Physik, das die Ziele für die Lehramtsstudiengänge Gymnasium/Gesamtschule und Haupt-/Real-/Gesamtschule unter Berücksichtigung der Anschlussstellen Schule – Universität – 2. und 3. Phase der Lehrerbildung curricular valide beschreibt.
- Validierung des Modells durch Vergleich der Testergebnisse der Zielgruppe mit denen der Kontrollgruppen.
- Beschreibung der Entwicklung des Fachwissens in Physik im Bachelorstudiengang bis zum 5. Fachsemester in einem Längsschnitt.
- Abstimmung des Modells für das Fachwissen mit den beiden fachdidaktischen Modellen zur Aufklärung von vermuteten Zusammenhängen zwischen Fachwissen und fachdidaktischem Wissen.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, 469-520
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer*. Münster: Waxmann
- Kirsch, A. (1987). *Mathematik wirklich verstehen: Eine Einführung in ihre Grundbegriffe und Denkweisen*. Köln: Aulis
- Klein, F. (1933). *Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus*. Berlin: Springer
- 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 Mathematik-Didaktik*, 29 3/4, 223-258
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.) (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2008). *Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen: Physik*. Heft 3411. Frechen: Ritterbach Verlag
- Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen (1999). *Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe II – Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen: Physik*. Heft 4721. Frechen: Ritterbach Verlag
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physik-lehrkräften*. Berlin: Logos
- Riese, J. & Reinhold, J. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 167-187

Messung professioneller Kompetenz im Fach Physik

Hintergrund

Der professionellen Kompetenz von Lehrkräften wird eine zentrale Bedeutung für die Gestaltung guten Unterrichts und damit für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zugeschrieben (Bromme, 1997; Magnusson et al., 1999; Abell, 2007). Den Kern professioneller Kompetenz stellt das Professionswissen dar (Baumert & Kunter, 2006). National und international hat sich in Anlehnung an Shulman (1986, 1987) eine Einteilung des Professionswissens in die Dimensionen Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen etabliert (vgl. Abell, 2007; Borowski et al., 2010). Diese Einteilung konnte für Mathematik empirisch bestätigt werden (Baumert & Kunter, 2006). Zudem konnte ein Einfluss des Professionswissens auf die Unterrichtsqualität nachgewiesen werden (Brunner et al., 2006). Für die naturwissenschaftlichen Fächer wird im Projekt ProwiN auf Basis eines entsprechenden Modells das Professionswissen von Lehrkräften und dessen Einfluss auf deren Unterricht untersucht (Borowski et al., 2010). Es kann allerdings nicht angenommen werden, dass sich Befunde zum Professionswissen von Lehrkräften ohne Weiteres auf das Professionswissen von Lehramtsstudierenden übertragen lassen. Bezüglich des Professionswissens Lehramtsstudierender liegen andererseits – zumindest im Bereich der Naturwissenschaften – nur wenige Befunde vor. Für Physik wären hier die Arbeiten von Riese (2009) zu nennen (vgl. auch Riese & Reinhold, 2010; Woitkowski, Riese & Reinhold, 2011). Die entsprechenden Ergebnisse beruhen jedoch auf einer Einschränkung des Fachwissens auf den Bereich Mechanik und des fachdidaktischen Wissens auf den Bereich des Experimentierens. Hier setzt das Projekt „Messung professioneller Kompetenzen in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen“ (KiL) an, in dem die Entwicklung des Professionswissens von Lehramtsstudierenden in seiner inhaltlichen Breite erfasst werden soll.

Ziele

Auf Basis einer Synthese bestehender Modelle des Professionswissens von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften im Fach Physik (vgl. Abb. 1) sollen im Rahmen dieses Forschungsvorhabens Aufgaben entwickelt werden, die geeignet sind, das Professionswissen von Lehramtsstudierenden in verschiedenen Phasen ihres Physikstudiums zu erheben.

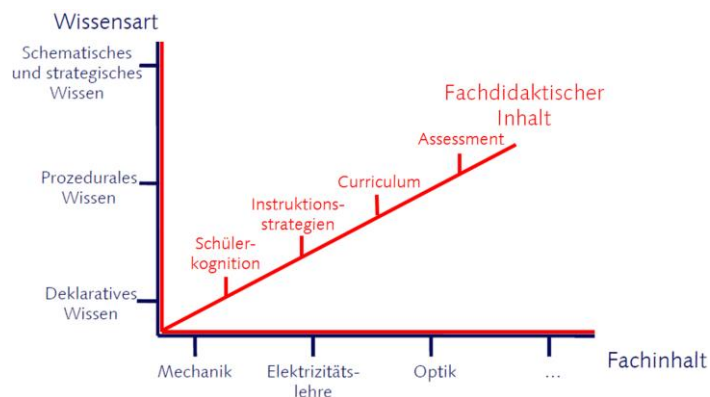


Abb. 1: Modelle für das fachliche (blau) und fachdidaktische (rot) Professionswissen

Methode und Design

Die Sicherung der Reliabilität und Validität des entwickelten Testinstruments erfolgt in mehreren Schritten. Im ersten Schritt wurde die fachdidaktische Literatur auf veröffentlichte Aufgaben zur Erfassung des fachlichen und fachdidaktischen Wissens im Bereich der universitären Ausbildung geprüft. Diese Aufgaben wurden auf Basis des Modells kategorisiert und wo notwendig angepasst. Externe Experten wurden schließlich gebeten, gezielt Aufgaben zu konstruieren, um Lücken in der Abdeckung des Modells zu schließen. In einem zweiten Schritt wurden die Aufgaben im Rahmen einer bundesweiten Studie pilotiert. Insgesamt wurden 80 Aufgaben zum Fachwissen, 70 Aufgaben zum fachdidaktischen Wissen und 20 Aufgaben zum pädagogischen Wissen getestet. Die Aufgaben wurden – gruppiert nach Bereichen des fachlichen bzw. fachdidaktischen Wissens – in Blöcke zu je zehn Aufgaben zusammengefasst und wie folgt auf zwei Testhefte aufgeteilt:

Testheft I enthielt vier Blöcke zum Fachwissen (Bereiche: Mechanik, Optik, Festkörperphysik und spezielle Relativitätstheorie) sowie vier Blöcke zum fachdidaktischen Wissen (Bereiche: Schülerkognition, Instruktionsstrategien, Curriculum und Assessment). Testheft II enthielt ebenfalls vier Blöcke zum Fachwissen (Bereiche: Elektrizitätslehre, Thermodynamik, Atom- & Kernphysik und Quantenmechanik), drei Blöcke zum fachdidaktischen Wissen (Bereiche: Schülerkognition, Instruktionsstrategien und Curriculum) sowie einen Block zum pädagogischen Wissen. Ungefähr 75% der Aufgaben hatten ein geschlossenes, 15% ein offenes und 10% ein halboffenes Format. Die Bearbeitungszeit pro Testheft betrug 160 Minuten. Insgesamt konnten $N = 166$ Studierende des Lehramts mit Hauptfach Physik aus allen Studiensemestern (jeweils 83 Studierende pro Testheft) für die Befragung gewonnen werden. Die Pilotierung dient primär der Untersuchung der Reliabilität sowie des strukturellen und externen Aspekts der Konstruktvalidität (zur Konzeption der Konstruktvalidität siehe Messick, 1995). Die Prüfung der kognitiven Validität erfolgt im Rahmen einer Thinkaloud-Studie im dritten Schritt. In einem vierten Schritt soll schließlich die inhaltliche Validität der Aufgaben durch ein Expertenrating abgesichert werden. Die derart geprüften und für valide befundenen Aufgaben werden anschließend in einer bundesweiten Untersuchung normiert.

Erste Ergebnisse

Zur Auswertung wurden zunächst klassische Analysen getrennt für beide Testhefte durchgeführt. Da die Antworten der halboffenen und offenen Aufgaben kodiert werden müssen, sind zunächst nur die geschlossenen Aufgaben berücksichtigt.

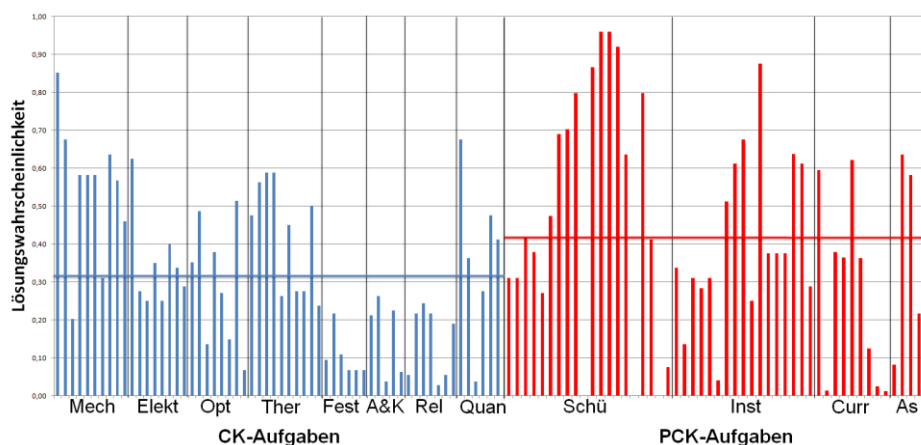


Abb. 2: Lösungswahrscheinlichkeiten der geschlossenen Aufgaben

Die Auswertung ergab eine Reliabilität von $\alpha = .72$ (Testheft I, 31 Aufgaben) bzw. $\alpha = .75$ (Testheft II, 29 Aufgaben) im Bereich Fachwissen und von $\alpha = .60$ (Testheft I, 27 Aufgaben) und $\alpha = .48$ (Testheft II, 21 Aufgaben) im Bereich fachdidaktisches Wissen. Die Reliabilität der einzelnen Subskalen, also der fachlichen bzw. fachdidaktischen Inhaltsbereiche, lag zwischen $\alpha = .39$ und $\alpha = .67$ (bei 6 bis 10 Aufgaben). Die durchschnittliche Lösungswahrscheinlichkeit betrug 32% für das Fachwissen und 42% für das fachdidaktische Wissen. Die Lösungswahrscheinlichkeiten der einzelnen Aufgaben sind, gruppiert nach fachlichem bzw. fachdidaktischem Bereich, in Abbildung 2 dargestellt.

Diskussion

Bisher wurden 109 von 150 Aufgaben ausgewertet. Die Reliabilitäten der Gesamtskalen sind als zufriedenstellend für dieses Stadium des Projekts einzustufen. Die Reliabilitäten der einzelnen Skalen sind teilweise unzureichend, was möglicherweise in der geringeren Anzahl von Aufgaben pro fachlichem bzw. fachdidaktischem Bereich begründet liegt. Im Rahmen der Analysen konnten zudem bereits Aufgaben mit ungenügender Trennschärfe und Aufgabenschwierigkeit identifiziert werden. Als weitere Auswertungsschritte sind Raschanalysen und explorative Faktorenanalysen zur Identifizierung skalenbildender Aufgaben geplant. Ferner werden aus den Antworten der Probanden aus offenen Aufgaben Distraktoren gewonnen, um die Aufgaben in ein geschlossenes Format zu überführen. Anschließend sollen die Aufgaben in weiteren Studien hinsichtlich der verbleibenden Aspekte der Konstruktvalidität geprüft werden.

Literatur

- Abell, S.K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S.K.Abell (Hrsg.), *Handbook of research on science teacher education*. 1105-1149
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469-520
- Borowski et al. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*,
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Unterrichts und der Schule*. Enzyklopädie der Psychologie, Serie I, Bd. 3. 177-212
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Klusmann, U., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Dubberke, T., Jordan, A., Löwen, K. & Tsai, Y.-M. (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht – Eine Zwischenbilanz des COACTIV-Projekts. In M. Prenzen & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule*. 54-82
- Magnusson, S., Krajcik J. & Borko H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Hrsg.), *Examining pedagogical content knowledge*. 95-132
- Messick, S. (1995). Validity of Psychological Assessment – Validation of Inferences From Persons' Responses and Performances as Scientific Inquiry Into Score Meaning. *American Psychologist*, 50, 741-749
- Riese, J (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Bd. 97
- Riese, J. & Reinhold, P (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22
- Tepner et al. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 7-28
- Woitkowski, D., Riese, J. & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17

Stefanie Herzog
 Vahide Taskin
 Sascha Bernholt
 Mirjam Steffensky
 Ilka Parchmann

IPN Kiel

Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens von Chemie-Lehramtsstudierenden

Forschungsmotivation und theoretischer Hintergrund

Im Rahmen des KiL-Projekts (Messung professioneller Kompetenzen in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen) sollen für die Fächer Biologie, Chemie, Mathematik und Physik Testverfahren zur Erfassung des Professionswissens entwickelt werden. Professionswissen wird dabei differenziert in Fachwissen, fachdidaktisches und pädagogisches Wissen (vgl. v.a. Shulman, 1986). Im Teilprojekt Chemie werden dabei zu zwei ausgewählten fachlichen Inhaltsgebieten Tests zum Fachwissen und fachdidaktischen Wissen konzipiert: *Struktur-Eigenschafts-Beziehungen* und *chemische Repräsentationen*. Struktur-Eigenschafts-Beziehungen sind ein Basiskonzept des Chemieunterrichts. Die Bildungsstandards sehen vor, dass der naturwissenschaftliche Unterricht sich an den Basiskonzepten orientiert (KMK, 2004), gleichzeitig ist bekannt, dass Schülerinnen und Schüler häufig Schwierigkeiten haben, ein systematisches Verständnis solcher grundlegenden Konzepte zu entwickeln (vgl. u.a. Butts & Smith, 1997; Gilbert & Treagust, 2009 oder Kind, 2004). Vor diesem Hintergrund soll untersucht werden, inwieweit die Lehramtsstudierenden bezogen auf Struktur-Eigenschafts-Beziehungen bereits über Schwierigkeiten auf Seiten der Lernenden wissen, sie diese in beschriebenen Situationen erkennen und angemessen darauf reagieren können. Auch chemische Repräsentationen stellen für Schülerinnen und Schüler häufig ein Problemfeld dar. Das Verständnis chemischer Repräsentationen wird als Voraussetzung für das Verständnis von fachlichen Inhalten gesehen (vgl. Flener Lovitt & Kelter, 2010), deshalb soll auch zu diesem Inhaltsgebiet untersucht werden, inwieweit Lehramtsstudierende über mögliche Schülerschwierigkeiten wissen und mit welchen Instruktionsstrategien sie darauf reagieren. Daneben wird ebenfalls betrachtet, inwieweit Lehramtsstudierende selbst in der Lage sind mit chemischen Repräsentationen umzugehen. Gleichzeitig wird in Hinblick auf Struktur-Eigenschafts-Beziehungen untersucht, inwiefern den Studierenden selbst ein Wechsel und Abgleich zwischen den im Studium vermittelten Inhalten entlang der traditionellen Fachbereiche und der von ihnen später in der Schule zu vermittelnden Basiskonzepte gelingt. Aus diesen Überlegungen wurden Forschungsfragen formuliert:

- Welche Ausprägungen im Fachwissen zeigen Lehramtsstudierende zu den o.g. Inhaltsgebieten?
- Welche Ausprägungen im fachdidaktischen Wissen zeigen Lehramtsstudierende zu den o.g. Inhaltsgebieten?
- Inwieweit unterscheiden sich die Ausprägungen von Lehramtsstudierenden verschiedener Semester?
- Inwieweit gibt es Zusammenhänge zwischen den Ausprägungen zum Fachwissen und fachdidaktischen Wissen?

Testentwicklung zum fachdidaktischen Wissen

Im KiL-Projekt wird die Differenzierung des fachdidaktischen Wissens anhand der von Magnusson, Krajcik & Borko (1999) vorgeschlagenen Komponenten vorgenommen (vgl. auch Park & Oliver, 2008 sowie Brunner et al., 2006). In der Chemie erfolgte dabei eine

Fokussierung auf die beiden Komponenten *Schülerkognitionen* und *Instruktionsstrategien*, wobei unter letzterer auch explizit der *Umgang mit Experimenten und Modellen* einbezogen wurde, da Experimente und Modelle eine sehr hohe Relevanz für das Unterrichten des Fachs aufweisen.

Nach einer Sichtung von Schulbüchern, Literatur zu alternativen Vorstellungen bei Schülerinnen und Schülern zu chemischen Repräsentationen (z.B. Ben-Zvi, Eylon & Silberstein, 1987) und Struktur-Eigenschafts-Beziehungen sowie einzelner Unterrichts-videos, wurden auf Basis des Modells (Abbildung 1) Items generiert. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich lediglich um ein heuristisches Modell handelt und deshalb nicht der Anspruch erhoben wird, dass alle Zellen gleichermaßen gefüllt sind. Um eine Verknüpfung der fachdidaktischen Items mit den ebenfalls im Projekt erstellten fachlichen Items (vgl. dazu Ausführungen zum zugehörigen Fachwissen von Taskin et al., 2013, und Herzog et al., 2013, in diesem Band) zu ermöglichen, wurden die Items zum Inhaltsgebiet chemische Repräsentationen nach unterschiedlichen Darstellungsformen und die zum Inhaltsgebiet Struktur-Eigenschafts-Beziehungen nach den unterschiedlichen Aspekten des Konzepts variiert.

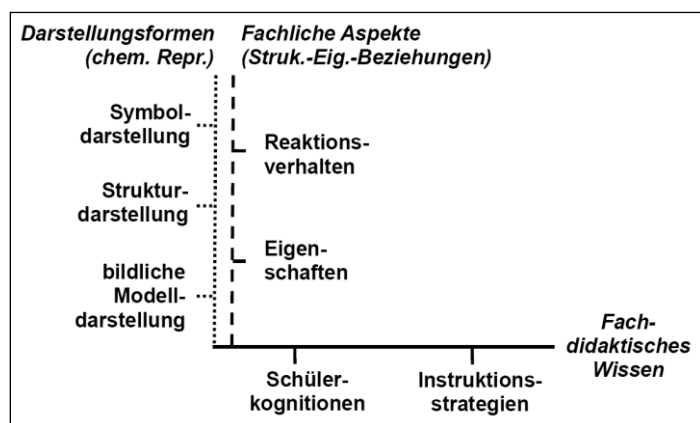


Abb. 1: Modell zur Generierung von fachdidaktischen Items zu beiden Inhaltsbereichen

Aufgabenbeispiele zum fachdidaktischen Wissen

Die folgenden zwei Aufgabenbeispiele geben einen Eindruck, auf welche Art und Weise die Items konzipiert wurden. Das erste Aufgabenbeispiel ist zum Inhaltsgebiet chemische Repräsentationen und lässt sich im Modell an der Schnittstelle von *Schülerkognitionen* und *Symbol-darstellung* verorten. Das zweite Beispiel gehört zum Inhaltsgebiet Struktur-Eigenschafts-Beziehungen und beschreibt eine Aufgabe zu *Instruktionsstrategien* und *Reaktionsverhalten*.

Die Schülerinnen und Schüler einer Klasse sollen entscheiden, ob es sich bei den Verbindungen NO und N_2O_5 um mögliche Produkte der chemischen Reaktion zwischen N_2 und O_2 handelt. **Beschreiben Sie** kurz, welchen Denkfehler bezüglich Reaktionsgleichungen die Schülerinnen und Schüler haben, die die folgende Antwort gegeben haben.

„ N_2O_5 kann in einer Reaktion zwischen Stickstoff und Sauerstoff nicht gebildet werden, weil wir nur N_2 und O_2 haben. Woher sollen wir noch drei weitere Sauerstoffatome bekommen?“

Abb. 2a: Aufgabenbeispiel zu chemischen Repräsentationen

Beschreiben Sie, wie Sie die Vorstellung eines Schülers, Diamant sei unvergänglich und könne ja aufgrund der Eigenschaften nicht genau wie Graphit nur aus Kohlenstoff bestehen, experimentell widerlegen können.

Abb. 2b: Aufgabenbeispiel zu Struktur-Eigenschafts-Beziehungen

Die resultierenden Items wurden durch Experten, d.h. erfahrene Lehrkräfte sowie Fachdidaktiker, bewertet und anschließend mit Lehramtsstudierenden der Chemie prä-pilotiert. Im Anschluss wurden 33 Items zu chemischen Repräsentationen und 43 Items zu Struktur-Eigenschafts-Beziehungen im vergangenen Sommersemester von insgesamt 221 Lehramtsstudierenden aus unterschiedlichen Semestern und für verschiedene Schulformen an elf deutschen Universitäten im Rahmen einer Pilotierung beantwortet. Die Auswertung der Antworten befindet sich derzeit in Arbeit.

Weiteres Vorgehen

Als nächster Schritt ist die Entwicklung eines Kodiermanuals zur Auswertung der Fragen geplant. Vor dem Einsatz der Items in der Hauptstudie an verschiedenen deutschen Universitäten im nächsten Sommersemester, um mit den gewonnenen Daten die Forschungsfragen klären zu können, erfolgt eine Optimierung der Items sowie Reduktion der bestehenden Aufgabenanzahl.

Literatur

- Ben-Zvi, R., Eylon, B.-S. & Silberstein, J. (1987). Students' visualisation of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, 4, 117-120
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Tsai, Y.-M. & Neubrand, M. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 9/4, 521-544
- Butts, B. & Smith, R. (1997). HSC Students' Understanding of the Structure and Properties of Molecular and Ionic Compounds. *Research in Science Education*, 17, 192-201
- Flener Lovitt, C. & Kelter, P. (Hrsg.) (2010). *Chemistry as a second language: Chemistry education in a globalized society*. Washington, D.C.: American Chemical Society
- Gilbert, J.K. & Treagust, D.F. (Hrsg.) (2009). *Multiple representations in chemical education, series: Model and modeling in chemical education*. Dordrecht: Springer
- Kind, V. (2004). *Beyond Appearances: Students' Misconceptions about Basic Chemical Ideas*. 2. Aufl. Royal Society of Chemistry: London. Aufgerufen im September 2012 unter http://www.rsc.org/images/Misconceptions_update_tcm18-188603.pdf
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Hrsg.), *Examining pedagogical content knowledge*. Bd. 6. Dordrecht: Kluwer, 95-132
- Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38 (3), 261-284
- Shulman, L. S. (1986): Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15/2, 4-14

Längsschnitt zur SI-Kompetenzerfassung Physik(Lehramts)-Studierender

Motivation

Erkenntnisgewinnung (im engl. *Scientific Inquiry*, "SI") „refers to characteristics of the scientific enterprise and processes through which scientific knowledge is acquired“ (Schwartz, Lederman & Crawford, 2004). Sie ist ein wesentlicher Teil der naturwissenschaftlichen Grundbildung (*Scientific Literacy*; Bybee, 2002). Die nationalen Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz (KMK) führen sie als einen zentralen Kompetenzbereich an, der gleichberechtigt neben den Bereichen „Fachwissen“, „Bewertung“ und „Kommunikation“ steht (Kultusministerkonferenz, 2005). Eine gezielte Kompetenzförderung im Bereich der Erkenntnisgewinnung in der Schule setzt aber voraus, dass auch Lehrerinnen und Lehrer über diese Kompetenzen verfügen. Die Förderung entsprechender Kompetenzen innerhalb des Lehramtsstudiums im Fach Physik ist daher unabdingbar. Konsequenterweise formuliert die KMK daher als Ziel der Lehrerbildung, dass Studierende vertraut sind „mit den Arbeits- und Erkenntnismethoden der Physik und [...] über Kenntnisse und Fertigkeiten im Experimentieren“ verfügen (Kultusministerkonferenz, 2010).

Um derartige Kompetenzen messbar zu machen, bedarf es adäquater Messinstrumente, die wissenschaftlich entwickelt und evaluiert sind. Erst aufgrund der Ergebnisse von entsprechenden Kompetenztests ist es möglich, eine Aussage über den Kompetenzstand Studierender zu machen und gegebenenfalls das Studium zu optimieren. Die fachdidaktische Forschung hatte in den letzten Jahren vor allem den primären und sekundären Bildungsbereich im Fokus, weshalb im Hochschulbereich eine Forschungslücke konstatiert wird (Zlatkin-Troitschanskaia & Kuhn, 2010). Gleichzeitig wird die Wichtigkeit einer wissenschaftlichen Evaluation der universitären Lehre betont, da die Hochschulen nur so „eine gezielte qualitätsorientierte Binnensteuerung und Leistungskontrolle sowie Verbesserung der Studienergebnisse vornehmen können“ (Wissenschaftsrat, 2008).

Ziel des Projekts „Ko-WADiS“ (*Kompetenzmodellierung und -erfassung zum Wissenschaftsverständnis über naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen bei Studierenden (Lehramt) in den drei naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik*) ist es, für die drei beteiligten Fächer entsprechende Messinstrumente zu entwickeln und zu evaluieren. An dem Projekt beteiligen sich Naturwissenschaftsdidaktiker der Freien Universität Berlin (Biologie und Physik), der Humboldt Universität Berlin (Biologie und Chemie) sowie das ebenfalls an der HU-Berlin angesiedelte Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB). Außerdem sind die Universitäten Wien und Innsbruck als Kooperationspartner beteiligt.

Theoretischer Hintergrund

Nach Mayer (2007) lässt sich der Bereich der Erkenntnisgewinnung in drei zentrale Bereiche unterteilen: Praktische Arbeitstechniken (*practical work*), wissenschaftliche Erkenntnismethoden (*scientific inquiry*) und die Charakteristika der Naturwissenschaften (*nature of science*). Der Fokus des Projekts Ko-WADiS liegt auf den wissenschaftlichen Erkenntnismethoden, die hier als wissenschaftliches Denken (*Scientific Reasoning*; Mayer, 2007) operationalisiert werden. Dabei wird der Weg zur wissen-

schaftlichen Erkenntnis als komplexer Problemlöseprozess verstanden, als „zielorientiertes Denken und Handeln in Situationen [..], für deren Bewältigung keine routinierten Vorgehensweisen verfügbar sind.“ (Mayer, 2007). Es erfolgt eine Gliederung in zwei Kompetenzbereiche: „Untersuchen“ und „Modelle nutzen“. Diese lassen sich wiederum in jeweils vier („Untersuchen“; ebd.) bzw. drei („Modelle nutzen“, Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010) Teilkompetenzen gliedern (siehe Abb. 1). Für die Teilkompetenzen des Bereichs „Untersuchen“ existieren jeweils fünf Niveaustufen (Mayer, Grube & Möller, 2008), für den Bereich „Modelle nutzen“ existieren drei Niveaustufen (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010).

Arbeitsweise	Teilkompetenz			
Untersuchen	Fragen	Hypothesen	Planung und Durchführung	Auswertung und Reflexion
Modelle nutzen	Zweck von Modellen	Testen von Modellen	Ändern von Modellen	

Abb. 1: Kompetenzraster im Projekt Ko-WADiS

Aufgabenkonstruktion

Die Entwicklung der Aufgaben erfolgte in enger Absprache mit den Entwicklern der anderen beteiligten Fächer. Da angestrebt wird, dass die Aufgaben unabhängig vom Fachwissen bearbeitbar sind, wurde in die Konstruktion der Aufgaben ein Experte eines der jeweils anderen Fächer einbezogen. Pro Teilkompetenz wurden mindestens fünf Aufgaben entwickelt. Die Konstruktion der Aufgaben erfolgte anhand der in den Niveaustufen genannten schwierigkeiterzeugenden Merkmale. Damit sollte schon a priori sichergestellt werden, dass die Aufgaben das gesamte Schwierigkeitsspektrum abdecken. Ein Großteil der Aufgaben wurde zunächst im offenen Antwortformat entwickelt und inzwischen pilotiert. Aus testökonomischen Gründen ist aber eine Überführung in ein geschlossenes Format (MC) vorgesehen. Dazu sollen aus den in der Pilotierung erhaltenen offenen Antworten jeweils ein Attraktor und drei Distraktoren gebildet werden.

Zu einer ersten Einschätzung der Aufgaben wurden in der Prä-Pilotierung zusätzlich die empfundene Sicherheit und Anstrengung erfragt. Weiterhin sollten die Probanden einschätzen, inwiefern ihnen Fachwissen, Methodenkenntnisse und logisches Schlussfolgern bei der Beantwortung der Aufgaben hilfreich waren. Auch allgemeine Bemerkungen zu den Aufgaben wurden zugelassen. Eine erste Analyse der Ergebnisse zeigt, dass viele hilfreiche Hinweise gegeben wurden, anhand derer die Aufgaben weiterentwickelt werden können. So wurden beispielsweise unklare Formulierungen oder schlecht erkennbare Zeichnungen oder Bilder angemerkt. Bei der weiteren Anpassung der Aufgaben wird insbesondere die Frage nach dem zur Lösung der Aufgaben nötigen Fachwissen wichtig sein, da der Einfluss des Fachwissens idealerweise gering sein soll. Gegebenenfalls müssen daher die Stämme der Aufgaben noch angepasst werden.

Ausblick

Im nächsten Schritt soll die Prä-Pilotierung ausgewertet werden. Ausgehend von diesen Ergebnissen erfolgt dann eine Anpassung der bestehenden Aufgaben und ggf. die Konstruktion weiterer Aufgaben. Zur Genese von geschlossenen Items werden die offenen Antworten zusammengefasst und kategorisiert. Häufig auftretende, aber falsche Antworten können als Distraktoren genutzt werden. Als weiterer Schritt der Qualitätssicherung werden

die Aufgaben mittels der Methode des „lauten Denkens“ überprüft (Moosbrugger & Kelava, 2012). Dadurch soll sichergestellt werden, dass die Aufgaben tatsächlich das erwartete Kompetenzkonstrukt messen (ebd.).

Die fertig konstruierten Aufgaben sollen voraussichtlich ab dem Sommersemester 2013 zur längsschnittlichen Untersuchung an Studierenden im ersten und vierten Bachelor- und Mastersemester eingesetzt werden. Befragt werden sowohl Studierende mit einem Lehramtsbachelor bzw. -master als auch Studierende der jeweiligen Fachwissenschaften (Mono-BA, Mono-MA). Dabei sollen insbesondere Fragen zur Struktur und der Entwicklung der Erkenntnisgewinnung geklärt werden. Weiterhin sollen mögliche Unterschiede in Struktur und Entwicklung von Lehramtsstudierenden und Mono-Bachelor-Studierenden erhoben sowie der Einfluss eines kompetenzorientierten Studiums evaluiert werden. Zu diesem Zweck werden Studierende an den Partneruniversitäten in Österreich ebenfalls befragt. Durch die Verteilung der Messzeitpunkte wird es schon nach zwei Erhebungen möglich sein eine quasilängsschnittliche Auswertung der Daten vorzunehmen. Nach fünf Jahren hat dann die erste Kohorte alle vier Messzeitpunkte durchlaufen und die Auswertung eines echten Längsschnitts wird möglich.

Das Projekt „Ko-WADiS“ wird im Rahmen des Programms „KoKoHs“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Literatur

- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Leske + Budrich, 21-43
- Kultusministerkonferenz (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. München: Wolter Kluwer
- Kultusministerkonferenz (2010). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biomedizinischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 177-184
- Mayer, J., Grube, C. & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In R. Klee & U. Harms (Hrsg.), *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBiO, Essen 2007*. Innsbruck: StudienVerlag, 63-79
- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag
- Schwartz, R.S., Lederman, N.G. & Crawford, B.A. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context : An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Teacher Education*, 600-645
- Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41-57
- Wissenschaftsrat (2008). *Empfehlungen zur Qualitätsverbesserung von Lehre und Studium* Drs. 8639-08. Berlin
- Zlatkin-Troitschanskaia, O. & Kuhn, C. (2010). Messung akademisch vermittelter Fertigkeiten und Kenntnisse von Studierenden bzw. Hochschulabsolventen. Analyse zum Forschungsstand. Arbeitspapiere WP

Markus Peschel
 Hilde Köster
 Monika Zimmermann

Pädagogische Hochschule FHNW
 Freie Universität Berlin
 Forscherstation GmbH Heidelberg

Forschendes Lernen in der Frühpädagogik und im Sachunterricht

Soostmeyer kritisierte schon 1978 die ausschließliche Verwendung standardisierter und „perfektionierter“ Medien sowie den Mangel an Freiraum für das eigene Denken, Umdenken, Überprüfen, Neukonstruieren und das spielerische Herumprobieren: „Der im Detail vorgeplante Unterricht verhindert, daß die Schüler nach eigenen Vorstellungen Versuche planen und unter der eigenen Wahl von Materialien, die sie für geeignet halten, Versuche aufbauen und selbst durchführen. [...] Dem Schüler wird kein oder ein nur sehr mäßig bemessener geistiger Freiraum für eigene Versuchsplanungen gegeben.“ Eine ähnliche Kritik äußert Ramseger 2009: „Auffallend für all die vielen Experimente, die Lehrer(inne)n in Fachzeitschriften, Schulbüchern und im Internet angeboten werden, ist, dass sie Kindern ständig Antworten auf Fragen geben, die diese nie gestellt haben. Gleichzeitig bietet der Unterricht selten Gelegenheit, die Fragen, die ihnen bei der Beschäftigung mit der Natur kommen, in Ruhe zu klären.“

Damit Lehrerinnen und Lehrer sowie Kindheitspädagogen Kinder in Schulen und Kindertageseinrichtungen im Bereich naturwissenschaftliche Bildung fördern können, ist deren (Fort)Bildung ein zentrales Thema (Zimmermann, 2012). Im Rahmen einer solchen Fortbildung sind in dieser speziellen Altersstufe geeignete Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, wie sie auch in den Schülerlaboren thematisiert werden. Die außerschulischen Angebote rund um das Experimentieren sind in den vergangenen Jahren stetig gestiegen. Im Sachunterricht wirkt der Perspektivrahmen der GDSU (2002) mit den explizit ausgewiesenen Perspektiven zur naturwissenschaftlichen und technischen Bildung über die Rahmenlehrpläne sowie Schulbücher auch in den Unterricht hinein. Doch nicht jedes Experiment erlaubt forschendes Lernen und nur selten können Schülerinnen und Schüler im Sachunterricht eigenen experimentellen Fragestellungen frei nachgehen. Sowohl die Auswahl von Phänomenen, die eine ausgiebige – im Sinne des nachhaltigen Lernens – Beschäftigung mit Naturwissenschaften erlauben (Peschel, 2012), als auch die Wahl der Methode (Köster, Waldenmaier, Schiemann, 2011) stellen Herausforderungen für die Forschung und die Fachdidaktik dar.

Gemeinsame Grundlagen und Zielhorizont

Die in den folgenden Artikeln skizzierten Forschungsansätze vereint u.a. der Zugang über das forschende bzw. entdeckende Lernen im naturwissenschaftlichen Arbeiten. Untersucht wird, wie Kinder im Vor- und Grundschulalter, Studierende in der Ausbildung und ErzieherInnen in der Weiterbildung durch spezifische Angebote und Lernwelten zum Forschen und Entdecken angeregt werden können. Auch liegt ein Fokus darauf, wie sie auf unterschiedliche Zugangsweisen und methodische Variationen reagieren bzw. welche Fortbildungsmaßnahmen dazu führen, dass naturwissenschaftliche Frühförderung in der Praxis stattfindet. Ein weiterer Aspekt liegt auf dem projektorientierten Arbeiten samt anschließender Präsentation der Ergebnisse mit medialer Unterstützung.

Entdeckendes Lernen initiiert Erkenntnisprozesse, die geprägt sind durch intrinsische Motivation und Selbstorganisation der Lernenden. Die Verweise auf konstruktivistische Lerntheorien, Offene Unterrichtsmethoden und die Vermittlung von Kompetenzen im Sinne einer „Nature of Science“ (NoS) sind dabei basale Komponenten des Projekts **GOFEX**

(Grundschullabor für Offenes Experimentieren), das an der Pädagogischen Hochschule am Standort Solothurn realisiert wurde und zu einem didaktischen Zentrum in der Region etabliert wird.

Das forschende Experimentieren in Kindertagesstätten muss von den „Lernbegleitern“ angemessen betreut und gefördert werden. Im Sinne des selbstgesteuerten Lernens sollen die Kinder alleine oder mit Hilfe der Fachkräfte eigenständige Beobachtungen machen, diese beschreiben, vergleichen, systematisieren, reflektieren und eigene Erklärungen entwickeln. Eine Methode, die pädagogische Fachpersonal in Kindertagesstätten und Unterstufen auf diese Aufgabe vorzubereiten, kann das **Genetische Gespräch nach Wagenschein** sein.

Bereits im Kindergarten können Grundlagen für einen erfolgreichen Bildungsweg im Bereich Naturwissenschaften gelegt werden. Wenig untersucht wurde dabei bislang, über welche Kompetenzen ErzieherInnen verfügen sollten, um Kinder früh adäquat im naturwissenschaftlichen Bereich fördern zu können, wie die naturwissenschaftliche Frühförderkompetenz definiert, gefördert und gemessen werden kann sowie die Frage, wie ErzieherInnen fortgebildet werden sollten, damit sie naturwissenschaftliche Bildung von Kindergartenkindern fördern wollen und können. Die Ergebnisse der Arbeit am **Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum** in Heidelberg belegen, dass spezielle Professionalisierungsmodelle greifen und die daraus abgeleiteten Fortbildungs- und Coachingmaßnahmen einen nachhaltigen Aufbau dieser Kompetenzen bewirken (Zimmermann, 2011).

Das Maß an Engagiertheit von Kindern beim Experimentieren unter unterschiedlichen methodischen Bedingungen wird im Projekt **„HeiKiWi“** (Heidenheimer Kinder und Wissenschaft) untersucht, das in Zusammenarbeit der Arbeitsgruppe Sachunterricht an der Freien Universität Berlin und der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd durchgeführt wird. Durch die Praxis, Experimente nach Anleitungen durchzuführen, waren die Kinder im Projekt zunächst auf vorgegebene Inhalte sowie methodische und zeitliche Rahmenvorgaben festgelegt. Interessen, Fragen oder Vorerfahrungen der Kinder oder forschersiche oder problemorientierte Elemente wurden kaum realisiert. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass eine Veränderung der Experimentierkurse von der stark angeleiteten Form in Richtung eines forschenden und problemorientierten Lernens zu signifikant höheren Engagiertheitsgraden bei den Kindern führt.

Das Onlinelexikon **kidipedia**, welches speziell für Kinder programmiert wurde, kann Schülerinnen und Schüler von Anfang an dabei unterstützen, in einer geschützten Umgebung forschend neue Inhalte zu entdecken, Ideen und Anregungen zu erhalten und eigene (Forschungs-)Beiträge zu erstellen. Die Möglichkeit des gemeinsamen Erarbeitens von Inhalten durch Kinder verschiedener Primarschulen bietet neue Ansätze für das forschende Lernen im Web 2.0 und im naturwissenschaftlich orientierten Sachunterricht.

Ausblick

In den vergangenen Jahren lag der Fokus der Bildungsforschung im naturwissenschaftlichen Bildungsbereich stark auf empirisch überprüfbaren Detailvariablen. Die Implementation und systematische Evaluation von didaktisch ausgearbeiteten Ansätzen stand nicht im Mittelpunkt der Forschung. Die im Folgenden skizzierten Projekte veranschaulichen entsprechende Forschungsausrichtungen und geben empirische Einblicke in die Notwendigkeit der o.g. Forderungen. Weiterhin werden Beispiele für eine Neuausrichtung der naturwissenschaftlichen Bildung gegebenen und besonders der Bereich der vorschulischen und frühen Bildung berücksichtigt. Hier sollte künftig verstärkt die Nutzung und die Tragweite von Konzeptionen erforscht werden. Die Chancen, die in einer

spielerischen und emotional sowie motivational fördernden Form liegen, sind bislang zu wenig beachtet, können aber für die Weiterentwicklung im Kindergarten und in der Grundschule von großer Bedeutung sein.

Literatur

- Köster, H. (2006). Freies Explorieren und Experimentieren - eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 55. Berlin: Logos Verlag
- Köster, H., Waldenmaier, C. & Schiemann, N. (2011). Zur Engagiertheit von Kindern im naturwissenschaftsbezogenen Grundschulunterricht. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Verfügbar unter: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/319> (gesichtet 26.10.2012)
- Mathis, C. & Peschel, M. (2012). Ausbildung für den Sachunterricht im Studiengang Vorschul-/Primarstufe an der Pädagogischen Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz. In M. Peschel, P. Favre & C. Mathis (Hrsg.) (i.D.): *SaCHen unterriCHten - Beiträge zur Situation der Sachunterrichtsdidaktik in der deutschsprachigen Schweiz. Dimensionen des Sachunterrichts - Kinder. Sachen. Welten*. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag
- Peschel, M. (2012). Gute Aufgaben im Sachunterricht: Offene Werkstätten = Gute Aufgaben? In J. Kosinar & U. Carle, *Aufgabenqualität in Kindergarten und Grundschule. Grundlagen und Praxisbeispiele*. Baltmannsweiler, 161-172
- Ramseger, J. (2009). Experimente, Experimente! Was lernen Kinder im naturwissenschaftlichen Unterricht? *Die Grundschulzeitschrift*, 23 (225/226), 14-17. Reprint auch verfügbar in Köster, H. et al. (2010). *Handbuch Experimentieren*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 83-90
- Soostmeyer, M. (2010). *Problemorientiertes Lernen im Sachunterricht*. Paderborn: UTB Schöningh
- Zimmermann, M. (2011). Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten: Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 128. Berlin: LIT
- Zimmermann, M. (2012): Professionalisierung von Erzieherinnen im Bereich früher naturwissenschaftlicher Bildung: Forschungsergebnisse einer mehrperspektivischen Längsschnittstudie. In K. Fröhlich-Gildhoff, I. Nentwig-Gesemann & H. Wedekind (Hrsg.), *Forschung in der Frühpädagogik: Schwerpunkt: Begegnungen mit Dingen und Phänomenen (Bd. 5)*. Freiburg: FEL

Forschendes Lernen im Grundschullabor für Offenes Experimentieren (GOFEX)

Forschendes Lernen im GOFEX

In der Mathematikdidaktik wird eine Veränderung der Lernkultur schon länger z.B. über die Entwicklung anderer, offener Aufgabenformate diskutiert. Die hierin enthaltene Idee der Öffnung besteht u.a. in der Vermeidung vorgegebener und einseitiger Lösungen bzw. Lösungswegen. Shimada (1997) beschreibt dies durch „multiple correct answers“ oder „open ended problems“, was sich in der grundlegenden Forderung teilweise auf den experimentierenden und geöffneten Sachunterricht übertragen lässt. Die Struktur des Offenen Experimentierens beschreibt Reinhold (1996, S. 333) mit folgenden Elementen: Erklärungsbedürftige Situation, Probieren und Spekulieren, Reflexion der gebildeten Systeme, wissenschaftliches Experimentieren, Reflexion der Systembildung, Reflexion der Lerntätigkeit. Ein zentraler Ansatz des GOFEX liegt auf der Nutzung dieser konstruktivistisch orientierten Forderungen, die sich nach Lechtanski (2002) und Höttecke (2001) als „Inquiry Based Experiments“ oder „Natur der Naturwissenschaften“ fachdidaktisch nutzen lassen.

Das Grundschullabor für Offenes Experimentieren: Konzeption

Das Grundschullabor für Offenes Experimentieren wurde konzeptionell an der Universität Duisburg-Essen entwickelt und ist seit 2009 am Institut für Vorschul- und Unterstufe der Pädagogischen Hochschule FHNW in der Nordwestschweiz realisiert (www.GOFEX.ch). Das GOFEX befindet sich am Standort der PH in Solothurn, wo es sich im Lern-Atelier „Le-A“ die Räumlichkeiten mit weiteren fachdidaktischen Projekten teilt, u. a. mit dem mathematischen Projekt „MATHelino“ (www.mathelino.de). Das Le-A schafft somit einen verbindenden Kontext, in dem sich innovative didaktische Projekte wechselseitig positiv beeinflussen. Das Grundschullabor für Offenes Experimentieren stützt sich auf vier verschiedene Pfeiler, die gemeinsam die Gesamtkonzeption des GOFEX ausmachen.

Das **didaktische Konzept** mit seinen modularen Öffnungsstufen bildet den Kernbereich des GOFEX (vgl. Abb. 1). In Anlehnung an das Stufenmodell Falko Peschels (2010) für die Grundschulpädagogik wurden Öffnungsstufen für das Experimentieren im Sachunterricht entwickelt: vom angeleiteten Experimentieren an Stationen über das freie Explorieren, Experimentieren und Problemlösen bis hin zum Offenen Experimentieren. Dabei erfolgt die Öffnung zunächst auf organisatorischer und zunehmend auf methodischer und inhaltlicher Ebene. Je geöffneteter der Experimentalunterricht ist, desto mehr eigene Lösungswege sind gefordert und zugelassen. Das Ziel ist eine offene und selbstbestimmte experimentierende Auseinandersetzung der Schülerinnen und Schüler, der Studierenden und der Lehrpersonen mit Naturphänomenen bzw. eigenen Fragestellungen.

Das **Materialkonzept** gibt die Art der Materialien sowie ihre Anordnung und Auswahl vor. Im GOFEX sind i. d. R. keine „besonderen“ Materialien nötig, es wird mit Alltagsmaterialien experimentiert. Ausnahmen bilden hier spezielle Themen und besondere (Mess-)Geräte, wie sie z. B. im Bereich Elektrizität gebraucht werden. Die Materialauswahl und ihre Anordnung ermöglicht den Forschenden die Durchführung vielfältiger Experimente (fast) aller gängigen Werkstätten und achtet gleichzeitig darauf, dass sie die Offenheit beim Experimentieren nicht einschränkt (s. a. Ordnungskonzept).

Das **Ordnungskonzept** ist so einfach wie klar: Die An- und Einordnung der o. g. Materialien erfolgt nicht wie in vielen anderen Sammlungen oder Laboren anhand bestimmter Themen oder Fachkonzepten, sondern orientiert sich an einem Haus mit mehreren Etagen, Garten und Werkstatt. Das „GOFEX-Haus“ (Materialsammlung, untergebracht in einem rollbaren Container) hat Räume (Kästen), wie sie sich in jedem Haus finden: Küche, Bad, Wohnzimmer, Büro, Kinderzimmer, Abstellraum und Werkstatt. Die (Alltags-)Materialien lagern in diesen Räumen (Kästen) an dem Ort, an dem man zu Hause danach suchen würde; z.B. finden sich Luftballons im Kinderzimmer, Büroklammern im Büro usw. Diese Ordnung erlaubt vor allem Kindern einen schnellen und selbstständigen Zugriff auf benötigte Materialien, was ihr Experimentierverhalten deutlich stärkt. Farben, Fotos und Piktogramme an den Kästen sowie Nummerierungen an den Materialien unterstützen die Zuordnung und erleichtern das anschließende Wiedereinsortieren. Dadurch dass Kinder diesen selbstständigen Zugang zu den Materialien für ihr geplantes Experiment erhalten, löst sich die implizite Engführung durch vorsortierte oder vorgefertigte Materialien oder Geräte auf und es sind freiere Gedankenwege, Hypothesen und Überprüfungen möglich.

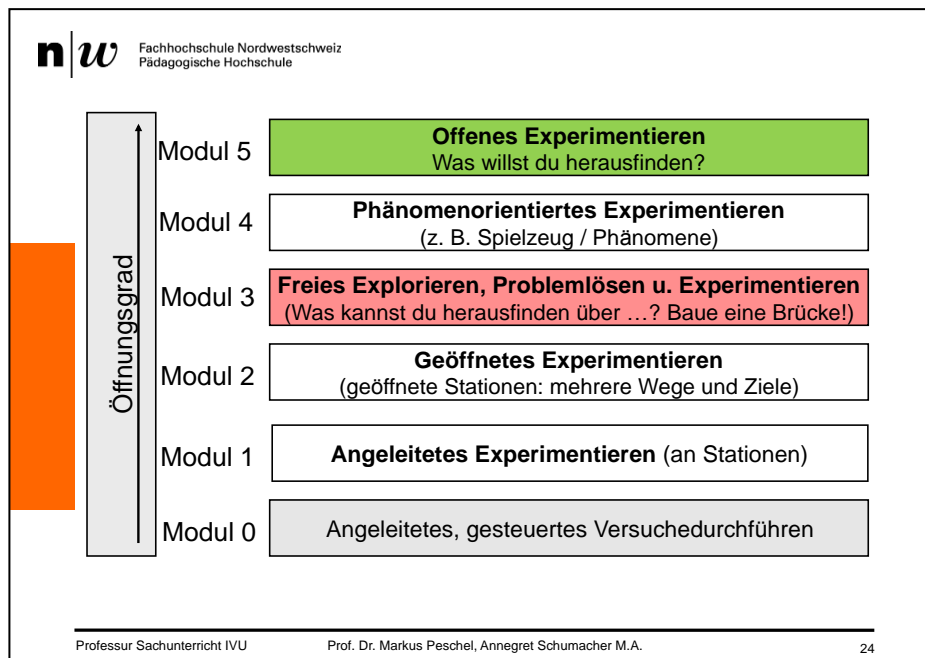


Abb. 1: Öffnungsstufen im GOFEX

Das **Raumkonzept** des GOFEX (Peschel & Struzyna, 2010) für ein Offenes Experimentieren wurde im Lern-Atelier Le-A vollständig umgesetzt und ist nun als multifunktionaler Lernraum für weitere Projekte nutzbar. Es finden sich hier nicht nur verschiedene didaktische Projekte (s. o.), sondern auch unterschiedliche Nutzungen: Seminarraum für Studierende, Weiterbildungsraum für Lehrpersonen oder als außerschulischer Lernort für Kindergarten- und Primarschulkinder. Nur wenige Elemente im Raum sind fest installiert. Leichte, rollbare und höhenverstellbare Elemente erlauben eine flexible, dem Alter und Bedürfnis der Besucher angepasste Nutzung. Eine umfangreiche mediale Ausstattung (Computer, Smartboard etc.), eine Handbibliothek sowie eine Lesecke zum individuellen

Rückzug und zur Kommunikation sollen den Öffnungsgedanken unterstützen und die Ansprache der unterschiedlichen Zielgruppen unterstützen.

Ziele und Zielgruppen

Das GOFEX verzichtet bewusst auf eine Orientierung ausschließlich an speziellen Zielgruppen wie Schülerinnen und Schüler. Das GOFEX versteht sich vielmehr als Labor, in dem gemeinsam grundschul- bzw. primarstufenspezifisch Kompetenzen für (Offenes) Experimentieren kennengelernt, erworben und eingesetzt werden können. Schülerinnen und Schüler sollen bei der Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens unterstützt werden. Lehrpersonen, vor allem aus dem Bereich des Sachunterrichts, haben die Möglichkeit, an Weiterbildungsmaßnahmen teilzunehmen, in denen sukzessive Wissen und Handlungskompetenzen für das Experimentieren im Sachunterricht und speziell für ein Offenes Experimentieren aufgebaut werden. Studierende lernen im GOFEX schon während ihres Studiums Formen des Offenen Experimentierens in schulischen und außerschulischen Räumen kennen und haben die Möglichkeit, sich mit der Anschlussfähigkeit naturwissenschaftlicher Sach- und Methodenkompetenz zu beschäftigen. Die Studierenden setzen sich dabei mit ihren eigenen Vorstellungen und Konzepten zum Experimentieren auseinander, was sich als besonders fruchtbarer Prozess erwiesen hat, da physikalische oder chemische Experimente häufig kein Teil der eigenen Lernbiografie sind, da diese Themen meist vermieden wurden (vgl. Landwehr 2002).

Ferner können die Studierenden durch ihre Mitwirkung im GOFEX unmittelbar am didaktischen Diskurs teilhaben: Sie entwickeln – aufbauend auf den erworbenen Kompetenzen in der sachunterrichtlichen Ausbildung – z. B. Experimentierwerkstätten, die eine Öffnung anstreben (vgl. Peschel, 2009) oder evaluieren solche Werkstätten in der schulischen Praxis.

Literatur

- Höttecke, D. (2001). Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. 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
- Peschel, F. (2010). Offener Unterricht. Bd. 1: Idee, Realität, Perspektive und ein praxiserprobtes Konzept zur Diskussion. Teil I: Allgemein didaktische Überlegungen. Schneider-Verlag, Baltmannsweiler
- Peschel, M. (2009a). „GOFEX“ – Grundschullabor für Offenes Experimentieren. Grundlegende Konzeption. In R. Lauterbach, H. Giest & B. Marquardt-Mau (Hrsg.), Lernen und kindliche Entwicklung. Bad Heilbrunn, 229-236
- Peschel, M. (2009b). Der Begriff der Offenheit beim Offenen Experimentieren. In D. Höttecke (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktik für Lehramtsausbildung. Berlin: LIT, 268-270
- Peschel, M. & Carell, S. (2010a). Die Materialsammlung im Grundschullabor für Offenes Experimentieren. In D. Höttecke (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Berlin: LIT, 461-463
- Peschel, M. & Struzyna, S. (2010b). GOFEX – Grundschullabor für Offenes Experimentieren: Entwicklung eines Raumkonzeptes als Element der Öffnung. In: K.-H. Arnold, K. Hauenschild, B. Schmidt & B. Ziegenmeyer (Hrsg.), Zwischen Fachdidaktik und Stufendidaktik. Perspektiven für die Grundschulforschung. Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 14. Wiesbaden, 197-200
- Peschel, M. Gute Aufgaben im Sachunterricht. Offene Werkstätten = Gute Aufgaben? In J. Kosinar & U. Carle (Hrsg.), Aufgabenqualität in Kindergarten und Grundschule. Grundlagen und Praxisbeispiele. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag, 161-172
- Reinhold, P. (1996). Offenes Experimentieren und Physiklernen. Kiel: IPN
- Shimada, S. (1997). The Significance of an Open-Ended Approach. In J.P. Becker & S. Shimada (Hrsg.), The Open-Ended Approach: A New Proposal for Teaching Mathematics. Reston, VA: National Council of Teachers Of Mathematics, 1-9

Maßnahmen und Effekte eines Professionalisierungsmodells zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung

Kinder und Erzieherinnen sind keine Fässer die gefüllt, sondern Feuer, die entfacht werden wollen. Zum Erreichen dieses Anliegens muss Zielperspektive für die Aus- und Fortbildung im Elementarbereich sein, den Erzieherinnen selbst Aktivität und Kompetenzerleben zu ermöglichen. So soll die Neugier auf das Mit-Entdecken naturwissenschaftlicher Zusammenhänge dauerhaft entfacht werden. Dabei stellt sich die Frage, durch welche Professionalisierungsmaßnahmen der anspruchsvolle Transfer vom Wissen um professionell adäquates Handeln zur tatsächlichen professionellen Performanz ermöglicht werden kann. In diesem Beitrag werden ausgewählte Methoden und Effekte des in der Forscherstation, dem Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung gGmbH, zu diesem Zweck entwickelten Professionalisierungsmodells vorgestellt.

Wie müssen Erzieherinnen fortgebildet werden, damit ihre naturwissenschaftliche Frühförderkompetenz (NFFK) effektiv und langfristig gefördert wird?

Auf der Grundlage der theoretischen Definition von NFFK wurde ein Wirkmodell zur Konzeption der Professionalisierungsmaßnahmen entwickelt:

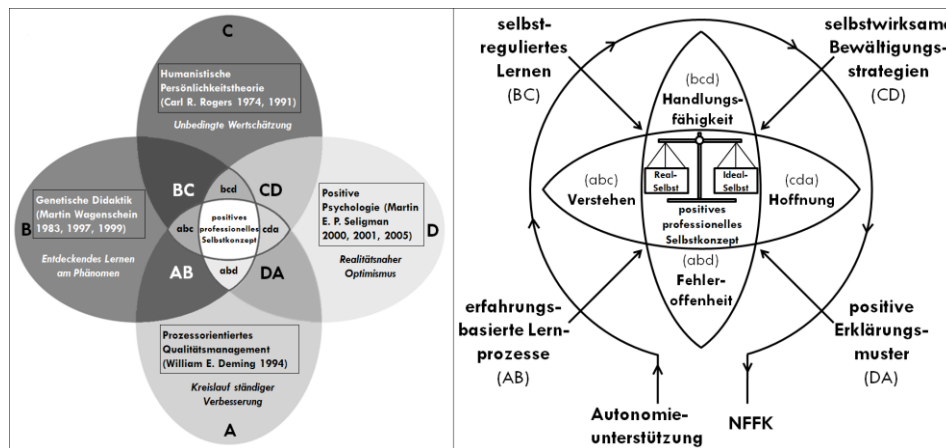


Abb. 1: Theoriesynthese und Wirkmodell mit didaktischen Prinzipien

Durch die didaktischen Prinzipien im Wirkmodell wird schrittweise ein *positives professionelles Selbstkonzept* aufgebaut, das die Motivation für lebenslanges Lernen als berufsspezifische Entwicklungsaufgabe stützt und somit der Nachhaltigkeit dient. Das Adjektiv „positiv“ bezieht sich auf die Art und Weise der Kompetenzförderung und rekurriert explizit auf Seligmans Ansatz der positiven Psychologie (Seligman & Csikszentmihalyi, 2000). Grundlegendes Ziel ist eine konsequente Verlagerung des Brennpunktes in der Erwachsenenpädagogik weg von der Defizitfixierung hin zur *Stärkenorientierung*.

Beschreibung der Lehre: ein kompetenzorientiertes Lehrkonzept

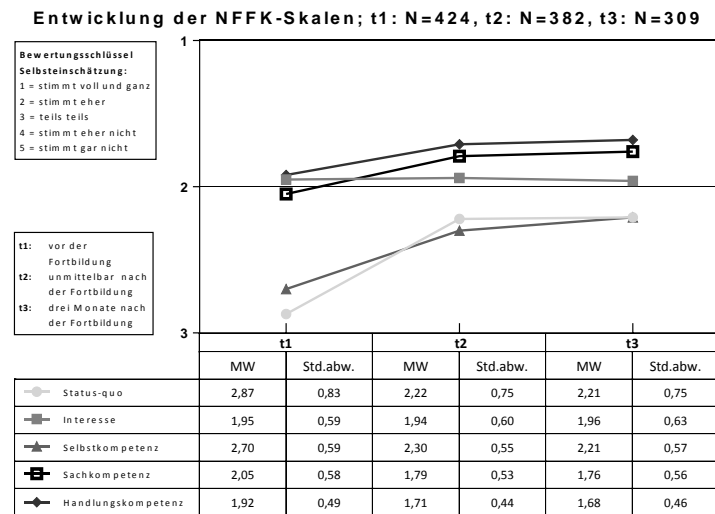
Anhand bewährter Praxisbeispiele, ausgewählter theoretischer Grundlagen und unter Einbezug der eigenen Praxiserfahrungen in der Kita reflektieren die Erzieherinnen ihre eigene pädagogische Professionalität im Bereich früher naturwissenschaftlicher Bildung.

Die Fortbildung besteht aus fünf zwei- bis vierstündigen Einheiten und lässt genügend Raum zur aktiven Erarbeitung methodischer Alternativen, theoretischer Grundlagen und zum Entdecken eigener professioneller Möglichkeiten. Die Teilnehmerinnen lernen, welche didaktischen Möglichkeiten es gibt, frühe naturwissenschaftliche Bildung in ihren Arbeitsalltag zu integrieren. Als Fortbildungsgrundlage stehen ihnen die Materialbibliothek der Forscherstation mit vielfältigen Experimentieranschlägen sowie Texte zum theoretischen Hintergrund zur Verfügung. Auf Wunsch wird die Fortbildung durch ein Coaching im Kindergarten begleitet. Der Professionalisierungsprozess ist gegliedert in die drei Phasen Begeistern, Bewusst machen und Befähigen. Diese stützen die Motivation für lebenslanges Lernen als berufsspezifische Entwicklungsaufgabe. Innerhalb jeder Phase werden unterschiedliche Maßnahmen eingesetzt, bspw. ein spezielles Video-Feedbackverfahren in der Phase Bewusst machen. Auf diesem Weg werden schrittweise *Berührungspunkte* für frühe naturwissenschaftliche Bildung aufgebaut.

Instrumente und Ergebnisse zur Evaluation der Lehre

Der Fragebogen zur Messung von NFFK (F1) ist ein standardisierter Fragebogen. Er dient der Erfassung und Analyse der NFFK oder einer ihrer fünf Skalen (Status-quo, Interesse, Selbstkonzept, Sach- und Handlungskompetenz). Die Skalen werden in 31 Items (5 offene Fragen und 26 geschlossene Items) erfasst. Die geschlossenen Items werden mit einem fünfstufigen Antwortformat mit den Abstufungen „trifft in keiner Weise zu“ bis „trifft voll und ganz zu“ gegeben.

Wie wirkt das Fortbildungskonzept auf die Kompetenzentwicklung der Erzieherinnen? Als Erfolgskriterium gilt eine positive Entwicklung der NFFK-Skalen.



t-Tests	t1 auf t2		t2 auf t3		t1 auf t3	
	t-Wert	Pr> t	t-Wert	Pr> t	t-Wert	Pr> t
Status-quo	16,16	<.0001	1,36	<.0001	17,97	<.0001
Interesse	0,2	0.8401	0,59	0.5589	0,78	0.4364
Selbstkonzept	13,07	<.0001	4,06	<.0001	14,83	<.0001
Sachkompetenz	9,53	<.0001	1,81	0.0717	9,72	<.0001
Handlungskompetenz	0,92	<.0001	1,84	0.0670	9,19	<.0001

Abb. 2: Entwicklung der NFFK-Skalen mit statistischen Kennwerten

Außer der Skala „Interesse“, deren Items nahezu gleichbleibend gut bewertet werden, sind in allen anderen Skalen signifikante Steigerungen zu erkennen. In der weiteren Auswertung der Daten zeigt sich, dass die meisten Erzieherinnen durch die Fortbildungsreihe von einem deutlichen Kompetenzzuwachs profitieren, dies jedoch in unterschiedlichem Ausmaß in Bezug auf ihr Alter: junge Erzieherinnen profitieren mehr als Erzieherinnen mittleren Alters.

Wie bewerten die Erzieherinnen die Fortbildungsreihen?

Im Fragebogen zur Evaluation der Lehre (F4) werden die Teilnehmer der Fortbildungen aufgefordert, neun geschlossene Fragen und fünf offene Fragen zur Fortbildungsreihe zu beantworten. Bei den geschlossenen Fragen besteht die Möglichkeit, die Lehrveranstaltung anhand einer fünfstufigen Likertskala zu bewerten.

Als Erfolgskriterium gilt die Bewertung der Erzieherinnen. Bewusst werden hier die Bewertungen für jede einzelne Fortbildung den Durchschnittswerten aller Fortbilder der Forscherstation gegenübergestellt. Auf diese Weise können individuelle Entwicklungstrends ausgelotet und Verbesserungsmaßnahmen eingeleitet werden.

Entwicklung der Fortbildungsbeurteilung im Vergleich

Die Entwicklung der Fortbildungsbeurteilung wird hier exemplarisch gezeigt am Item 6: „Das Fortbildungskonzept eignet sich dazu, Möglichkeiten früher naturwissenschaftlicher Förderung im Kindergarten kennen und anwenden zu lernen.“

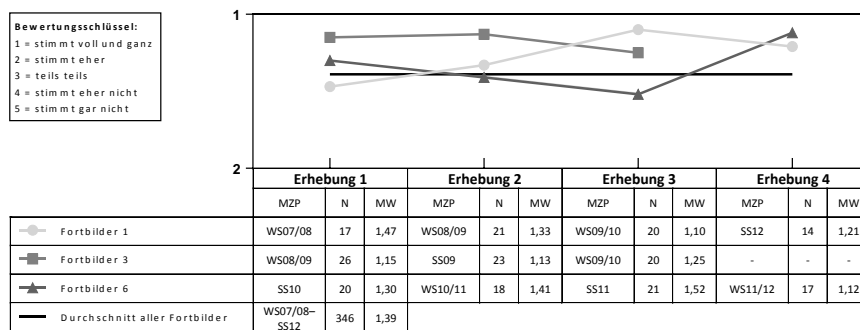


Abb. 3: Bewertung des Fortbildungskonzeptes durch die Erzieherinnen

Insgesamt wurden die Fortbildungsreihen von den Erzieherinnen sehr positiv beurteilt. Dabei variieren die Bewertungen für die einzelnen Fortbilder über die Zeit.

Die Erkenntnisse aus den fortlaufenden Evaluationen werden ständig im Fortbilder-Team kommuniziert und bei der Planung der neuen Veranstaltungen berücksichtigt. Dies fördert eine stetige Verbesserung der Qualität und Passung der Veranstaltungen.

Literatur

- Seligman, M.E.P. & Csikszentmihalyi, M. (2000). Positive psychology: An introduction. *American Psychologist*, 55 (1), 5-14
- Zimmermann, M. (2011). Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten: Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen. Bd. 128. Berlin: Logos
- Zimmermann, M. (2012). Professionalisierung von Erzieherinnen im Bereich früher naturwissenschaftlicher Bildung: Forschungsergebnisse einer mehrperspektivischen Längsschnittstudie. In K. Fröhlich-Gildhoff, I. Nentwig-Gesemann & H. Wedekind (Hrsg.), *Forschung in der Frühpädagogik. Schwerpunkt: Begegnungen mit Dingen und Phänomenen*. Bd. 5. FEL Forschung-Entwicklung-Lehre

Christine Waldenmaier¹
 Hilde Köster²
 Bernhard Müller¹
 Jörg Nicht²

¹ PH Schwäbisch Gmünd
² Freie Universität Berlin

Zur Engagiertheit von Kindern beim Experimentieren

Engagiertheit ist ein Ausdruck für innere Beteiligung, für intensive Aktivität, für intrinsische Motivation und Fokussiertheit auf den Gegenstand des Interesses (Laevers, 1997, 9 ff.). Während Motivation nicht direkt beobachtet werden kann (vgl. Barth, 2010, 107ff.), erfasst das Konstrukt der Engagiertheit Verhaltensäußerungen und Elemente der Unterrichtsinteraktion, die beobachtbar sind. Es umfasst mehrere Teilaspekte wie den Grad an Konzentration und Aufmerksamkeit, körperliche ‚Energie‘ (wie z. B. Anstrengung, Schwitzen, rote Wangen), die Ausdauer, Genauigkeit, Reaktionsbereitschaft und Zufriedenheit der Kinder. Zeichen für den Grad an Engagiertheit sind auch spontane verbale Äußerungen oder Laute wie Summen und Singen. Damit ein Kind als engagiert bzw. innerlich beteiligt gilt, müssen nicht alle Signale gleichzeitig auftreten.

Unseren Untersuchungen liegt, ausgehend von der Selbstbestimmungstheorie der Motivation von Deci und Ryan (1993), u. a. die Hypothese zugrunde, dass bei einem höheren Grad an Selbstbestimmung ein höherer Grad an Engagiertheit zu beobachten sein müsste.

Das Projekt HeKiWi (Heidenheimer Kinder und Wissenschaft)

In wöchentlich stattfindenden Kursen arbeiteten zu Beginn des Projekts (2006) jeweils 12 ausgewählte, leistungsstarke Kinder zunächst aus den Klassen 2-4 mit vorgegebenen Experimentieranleitungen und -materialien. Die Aktivitäten waren auf festgelegte Inhaltsbereiche und instruktionelle Verfahrensweisen beschränkt. Interessen, Fragen oder Vorerfahrungen der Kinder wurden kaum berücksichtigt. Im Jahr 2010 wurde eine Neukonzeption erarbeitet, die auf mehr Eigenaktivität sowie darauf zielte, die inzwischen stark gesunkene Motivation der Kinder zu fördern (vgl. Köster et al., 2011). Unter Einbezug sowohl der Bedürfnisse als auch der Befürchtungen der beteiligten Lehrkräfte wurde ein neues Programm entwickelt, das in Richtung Freies Explorieren und Experimentieren zielt (vgl. Köster, 2006). Das neue Angebot ist in der ersten Phase narrativ und problemorientiert (vgl. Lück, 2005) angelegt, sodass die Kinder eigene Lösungsansätze entwickeln und Versuche selbstständig entwerfen und durchführen können.

Im Rahmen der Begleitforschung wird untersucht, ob bzw. inwiefern Unterschiede bezüglich der Engagiertheit der Kinder in Hinblick auf den Öffnungsgrad des Angebots feststellbar sind. Die Leuvenener Engagiertheitsskala (LES-K, Laevers, 1997) wird als Erhebungsinstrument verwendet.

Feldstudie

Die Beobachtungen finden in den Klassenstufen 1 bis 4 bei insgesamt 7 Lehrkräften statt. Dabei wird der Grad an Engagiertheit bei den Kindern im Rahmen von geöffneten und angeleiteten Angeboten untersucht. Jede Beobachtung dauert 10 Minuten und wird während eines Experimentiernachmittages drei Mal durchgeführt. Hierbei wird jedem Kind für jeden der drei 10 Minuten-Zeiträume ein Engagiertheitsgrad (1 bis 5) zugeordnet. Die Beobachtungen werden parallel von zwei unabhängigen Ratern und bei unterschiedlichen Themenstellungen durchgeführt. Insgesamt wurden bisher 2802 Einzelbeobachtungen, davon 2150 beim angeleiteten Experimentieren und 652 beim geöffneten, problem-orientierten Angebot aufgenommen.

Ergebnisse

Abhängigkeit von der Methode

Die Überprüfung der Beobachtungsqualität ergibt eine Interrater-Reliabilität von 0,81 (quadratic weighted Kappa) nach Cohens ($p < 0,01$) bei $n = 802$ (Cohens, 1968). Bei der Überprüfung der Nullhypothese „Es ist kein Unterschied in den Engagiertheitsgraden der Kinder zwischen angeleitetem und geöffnetem Experimentierangebot feststellbar“, ergibt sich ein Mittelwertsunterschied bei den erreichten Engagiertheitsgraden von 0,82 zwischen dem geöffneten (Engagiertheit 3,2) und dem angeleiteten Experimentierangebot (Engagiertheit 4,1). Die Auswertung mittels t-Test zeigt den Unterschied als signifikant ($p < 0,001$). Die Effektstärke wird mittels gepoolter Standardabweichung bestimmt (Leonhart, 2004) und ist mit 0,7 als groß einzuschätzen. Vergleicht man die erreichten Engagiertheitsgrade beim angeleiteten und beim geöffneten Angebot, so stellt man fest, dass nahezu 8% der Kinder beim angeleiteten Angebot nur die erste Engagiertheitsstufe erreichen. Beim geöffneten Angebot hingegen finden sich auf dieser Stufe lediglich 0,6% der Kinder. Über 19% der Kinder erreichen beim angeleiteten Angebot die höchste Engagiertheitsstufe. Beim geöffneten Angebot ist der Anteil mit 44% mehr als doppelt so hoch.

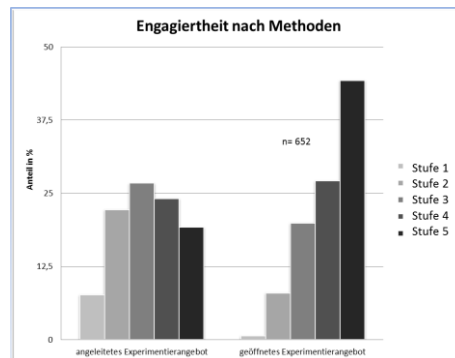


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Methode und Engagiertheit

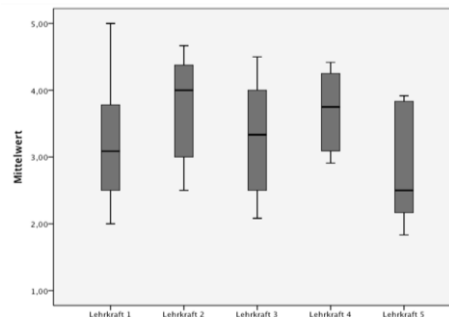


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Lehrkraft und Engagiertheit bei gleicher Methode

Abhängigkeit von der Lehrperson

Beim Vergleich von fünf Lehrkräften bei gleicher, angeleiteter Methode ergeben sich signifikante ($p < 0,001$) Mittelwertsunterschiede (bis zu 1,4) hinsichtlich der Engagiertheit der von ihnen geleiteten Kindergruppen (Abb. 2). Somit muss die Hypothese, dass die Engagiertheit der Kinder unabhängig von der Lehrperson ist, verworfen werden.

Abhängigkeit von der Änderung der Methode

Die Auswertung der insgesamt 1410 Beobachtungen (1068 angeleitet, 342 geöffnet) erfolgte jeweils getrennt nach Lehrkraft, mittels t-Test und Untersuchung der Effektstärke (s.o.). Die beobachteten Zunahmen der mittleren Engagiertheit um 0,52 bzw. 0,70 sind signifikant ($p > 0,001$). Hierbei sind die (mittels gepoolter Standardabweichung bestimmten) Effektstärken mit 0,58 bzw. 0,61 als mittel einzustufen (Bortz/Döring, 2006, S. 606).

Um die Abhängigkeit des Engagiertheitsgrades von der Methode zu überprüfen, wurden bisher die Ergebnisse zweier Lehrkräfte ausgewertet, die zu Anfang angeleitet wurden und dann später geöffnet arbeiteten. Die Zunahme der Engagiertheit fällt insgesamt geringer aus als die bei der Gesamtgruppe beobachteten Veränderungen (0,82), wobei diese Abweichung zwar nicht signifikant ist, aber auf einen weiteren Faktor aufmerksam macht: den (auch von Hattie (2008) in seiner Metastudie konstatierten) Einfluss der Lehrperson. Die geringere Zunahme könnte eine Ursache darin haben, dass in der Gesamtgruppe beim angeleiteten Arbeiten manche Lehrkräfte (andere als die beiden hier verglichenen) bei den Kindern nur

sehr geringe Engagiertheitswerte von unter 2,5 erreichen. Dadurch verändert sich das Gesamtbild so, dass eine größere Differenz zu verzeichnen ist.

Unabhängig von den individuellen Unterschieden der Lehrkräfte zeichnet sich ab, dass eine Lehrkraft – und das gilt auch für solche, die bereits relativ hohe Werte in der Engagiertheit erreichen – durch die Öffnung des Angebots auf organisatorischer, methodischer und inhaltlicher Ebene eine höhere Engagiertheit bei den Kindern erreichen kann.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Untersuchung zeigt einerseits, dass bei geöffneten Experimentierangeboten die Engagiertheit der Kinder signifikant höher ist als bei angeleiteten Angeboten, andererseits kann festgestellt werden, dass die Engagiertheit der Kinder unabhängig von der gewählten Methode auch im Hinblick auf die Lehrkraft variiert.

Des Weiteren kann festgestellt werden, dass eine Methodenänderung auch bei Lehrkräften, die im angeleiteten Angebot einen hohen Engagiertheitsgrad bei den Kindern erreichen, eine gesteigerte Engagiertheit bewirkt.

Aus der Studie ergeben sich weiterführende Forschungsfragen: Einerseits ist zu klären, inwiefern sich der inhaltliche Zuschnitt der Experimente auf die Engagiertheit der Kinder auswirkt. Andererseits ist zu prüfen, inwiefern Engagiertheit und kognitive Leistungsentwicklung der Kinder zusammenhängen.

Literatur

- Barth, C. B. (2010). Kompetentes Diagnostizieren von Lernvoraussetzungen in Unterrichtssituationen. Eine theoretische Betrachtung zur Identifikation bedeutsamer Voraussetzungen. Weingarten: Pädagogische Hochschule Weingarten
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer
- Cohen J. (1968). Weighted kappa: Nominal scale agreement with provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychol Bull*, 70, 213-220
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223-238
- Hattie, J. (2008). *Visible Learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London & New York: Routledge
- Köster, H. (2006). *Freies Explorieren und Experimentieren. Eine Untersuchung zum selbstbestimmten Erfahrungsgewinn mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht*. Berlin: Logos
- Köster, H., Waldenmaier, C. & Schiemann, N. (2011). Zur Engagiertheit von Kindern im naturwissenschaftsbezogenen Grundschulunterricht. *PhyDid B - Didaktik der Physik*
Verfügbar unter: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/319/433>. Zugriff: 07 Okt. 2012
- Laevers, F. (Hrsg.) (1997). *Die Leuvenner Engagiertheits-Skala für Kinder LES-K*, Handbuch. Centre for Experiential Education. Belgien: CEGO
- Lück, G. (2005). Animismen und Storytelling – Nicht nur unterhaltsames Beiwerk bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte und Deutungen. In G. Lück & H. Köster (Hrsg.), *Physik und Chemie im Sachunterricht*. Braunschweig, Bad Heilbrunn: Westermann, Klinkhardt
- Leonhart, R. (2004). Effektgrößenberechnung bei Interventionsstudien. *Die Rehabilitation*, 43 (4), 241-246

Jochen Luttenberger¹
 Monika Zimmermann¹
 Manuela Welzel-Breuer²

¹Forscherstation
²PH-Heidelberg

Experimentiermaterial für Kindergarten- und Grundschulkinder Feedback aus der Praxis

Einleitung

Die Forscherstation, das Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung, bietet seit 2007 Fortbildungen zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung für Erzieher und Grundschullehrkräfte an. Parallel zu den Fortbildungen entstand im Zentrum eine Materialbibliothek. Sie besteht aus über 40 Explorier-Ideen, verpackt in transparenten Experimentierkisten, die Erzieher und Lehrkräfte kostenlos ausleihen können. Die Explorier-Ideen entstanden in enger Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern des Zentrums und Pädagogen aus der Praxis. Alle Experimente wurden in der Forscherstation und ausgewählten Einrichtungen erprobt, bevor sie zur Ausleihe freigegeben wurden. Die Inhalte der Kisten sind altersangemessen, haben in der Regel einen Alltagsbezug und sind auf das Beobachten und Erfahren naturwissenschaftlicher Phänomene ausgerichtet, noch nicht auf konzeptionelles Verständnis. Dabei soll der Untersuchungsgegenstand die Kinder aktivieren, für sie unmittelbar verständlich, natürlich und lebensnah sein und sie weder unter- noch überfordern. In den Kisten befinden sich daher Alltagsmaterialien aus dem Lebensumfeld der Kinder, außerdem eine didaktische Anleitung für die Erzieher und Lehrkräfte sowie ein Feedbackbogen. Durch das Feedback werden die Angebote ständig weiterentwickelt, verbessert oder Materialien ausgetauscht und so an die sich ständig verändernde Praxis angepasst (Zimmermann, 2011). Die Experimentierkisten werden zudem in den Fortbildungen der Forscherstation eingesetzt und hinsichtlich der didaktischen Anforderungen regelmäßig diskutiert.

Hintergrund

Ziel der Forscherstation ist, dass Erzieher und Grundschullehrkräfte gemeinsam mit Kindern naturwissenschaftliche Phänomene des Alltags entdecken. Durch eine fachliche Beratung und in der Praxis erprobte Explorier-Ideen geben wir den Pädagogen erste Anregungen dazu. Diese ersten Anregungen sollen den Pädagogen helfen, eigene Ideen kreativ in ihren individuellen Berufsalltag zu integrieren. Die Experimente unserer Kisten sind einfach umzusetzen. Die Versuchsanleitungen sollen die Kreativität und Entdeckerfreude der Explorierenden wecken. Aus diesem Grund wurde auf rezeptartige Arbeitsanweisungen und fachliche Erklärungen verzichtet.

Ziel der Evaluation, erhobene Daten und Fragestellung

Durch ein Feedback aus der Praxis sollen die Explorier-Ideen gezielt und ständig verbessert werden. Zu diesem Zweck liegt jeder Kiste ein Feedback-Fragebogen bei, der bei Rückgabe der Kiste ausgefüllt abgegeben werden sollte. Im Zeitraum vom 1.03.2007 bis 31.07.2012 wurden insgesamt 592 Fragebögen mit drei geschlossenen und zwei offenen Fragen zu den jeweiligen Experimentierkisten ausgewertet. Die Kisten wurden vorwiegend in Kindergärten und in Gruppen mit ca. 20 Kindern eingesetzt. Der Bogen enthält folgende Fragen:

1. Haben die Experimente die Kinder zum selbstständigen Ausprobieren angeregt?
2. Hatten die Kinder Freude am Experimentieren?
3. Würde die Erzieherin/Lehrerin das Material erneut einsetzen?
4. Was kann an den Experimentierkisten verbessert werden?
5. Was hat gut funktioniert?

Auswertung

Die Antworten zu den geschlossenen Fragen wurden über Mittelwertbildung im Diagramm dargestellt (Sedelmeier & Renkewitz, 2008). Die offenen Fragen wurden kodiert. Dazu wurden die Antworten der Befragten in einzelne Analyseeinheiten unterteilt. Die Kodierung der Daten orientiert sich an der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2007).

Ergebnisse der drei geschlossenen Fragen:

Insgesamt liegen die Nennungen mit über 90% im positiven Bereich des Antwortspektrums. Nach Meinung der Befragten werden die Kinder im hohen Maße durch die Versuche aktiviert und zum selbständigen Ausprobieren angeregt. Die Durchführung hat den Kindern in hohem Maße Spaß gemacht. Fast alle Beteiligten würden die Versuche erneut einsetzen.

1. Die Durchführung des Versuchs hat die Kinder aktiviert und zum selbständigen Ausprobieren angeregt. (n=560)				
66%	24%	7%	1%	1%
Trifft völlig zu	Trifft zu	Teils, teils	Trifft nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
2. Die Durchführung des Versuchs hat den Kindern Spaß gemacht. (n=567)				
79%	16%	4%	1%	1%
Trifft völlig zu	Trifft zu	Teils, teils	Trifft nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
3. Ich würde den Versuch wieder einsetzen (n=571)				
88%	2%	10%		
Ja	Nein	Ja, aber		

Abb. 1: Ergebnisse der drei geschlossenen Fragen

Ergebnisse der zwei offenen Fragen:

In Abb. 2 wird deutlich, dass insbesondere die Durchführung der Experimente mit den Kindern gut funktioniert hat und die Motivation der Kinder aus Sicht der Erzieher und Lehrkräfte beim Explorieren hoch war. Auch das Material scheint für die Arbeit im Kindergarten gut geeignet zu sein.

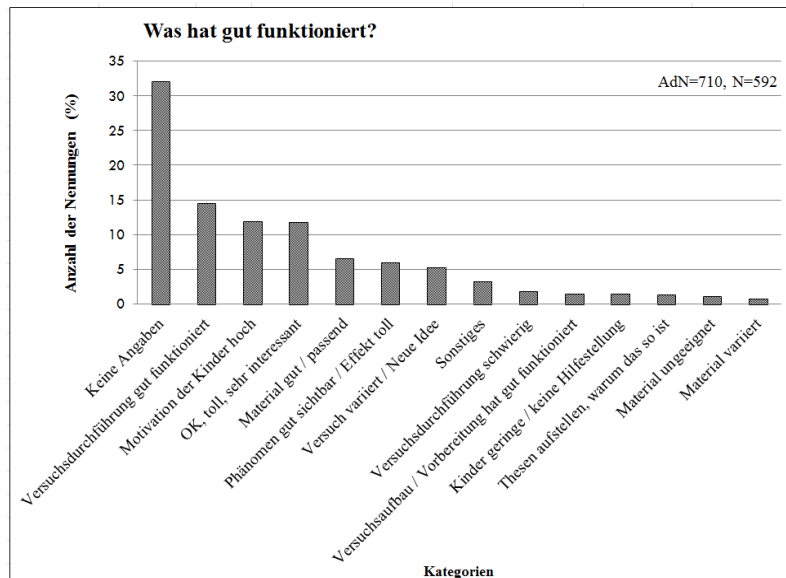


Abb. 2: Bewertung der Explorier-Kisten aus Sicht der Erzieher und Lehrkräfte

In Abb. 3 zeigt sich, dass Erzieher und Lehrkräfte selbst Materialverbesserungen oder Materialalternativen vorschlagen. Exemplarisch sei hier folgendes Beispiel einer Erzieherin zu nennen: „Gut wäre es auch, unterschiedliche Flaschen zu haben – auch eher Weinflaschen oder ähnliches.“ (F 186.3).

Als Konsequenz wurden im dargestellten Beispiel Flaschen in unterschiedlicher Größe und Form in die Kiste aufgenommen.

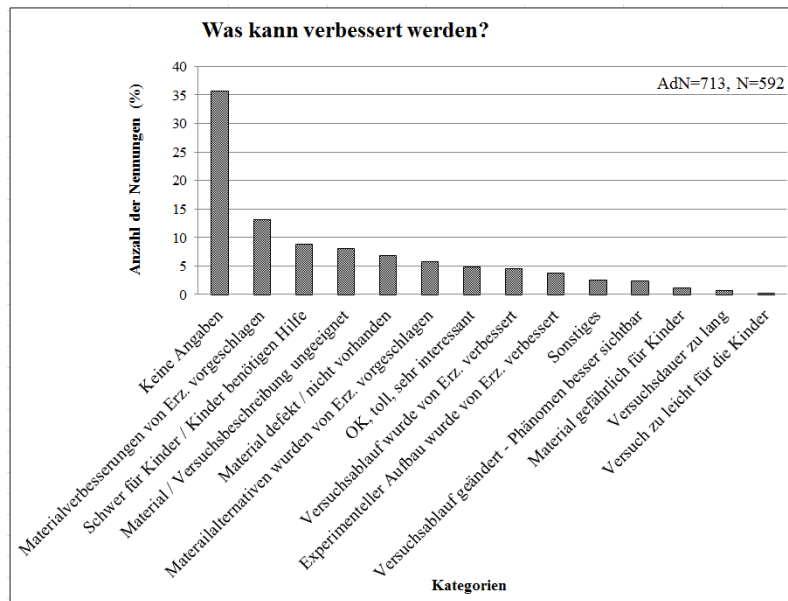


Abb. 3: Verbesserungsvorschläge der Erzieher und Lehrkräfte

Unter der Kategorie „Schwer für Kinder / Kinder benötigen Hilfe“ äußern 9% der Befragten, es sei den Kindern nicht möglich, den Versuch selbstständig durchzuführen. Zur Optimierung könnte der Fragebogen künftig beispielsweise das durchschnittliche Alter der Kinder erfassen. Auch könnte in offenen Interviews mit den Pädagogen untersucht werden, worin die Schwierigkeiten für die Kinder bestehen. So könnte das Team der Forscherstation die Versuche im nächsten Schritt verbessern und sein Angebot altersgerechter gestalten.

Literatur

Mayring P. (2007). Einführung in die quantitative Sozialforschung: Eine Anleitung zu qualitativem Denken.

Welzel, M. (2006). Mit Kindern die Welt entdecken. Spektrum der Wissenschaft, 9, 76-78

Zimmermann, M. (2011). Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten. Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos, 199

Die Bedeutung des Genetischen Gesprächs bei Fortbildungen

Die frühe naturwissenschaftliche Bildung in der Elementarstufe ist Gegenstand aktueller didaktischer Diskussion. Unterstützt vom Ministerium für Bildung und Kultur (S-H) und der Nordmetallstiftung wurde vom Institut für Physik und Chemie und ihre Didaktik der Universität Flensburg das Konzept für das Projekt „Versuch macht klug“ zur frühen naturwissenschaftlichen Förderung entwickelt. Im Zentrum steht die Frage, auf welche Weise Kindergartenkinder beim forschenden Experimentieren angemessen betreut und gefördert werden können.

Der forschende Lernprozess

Ausgangspunkt des forschenden Lernprozesses ist das individuelle Interesse der Kinder. Es entwickelt sich eine Frage- oder Problemstellung, auf die die Kinder eine Antwort finden möchten. In der konkreten Auseinandersetzung mit dem Phänomen sucht das Kind allein oder mit anderen nach den Zusammenhängen. Indem die Kinder interessegeleitet Versuchseingangsbedingungen verändern, wird das Grundphänomen eines Experiments auf unterschiedlichen Wegen erforscht.

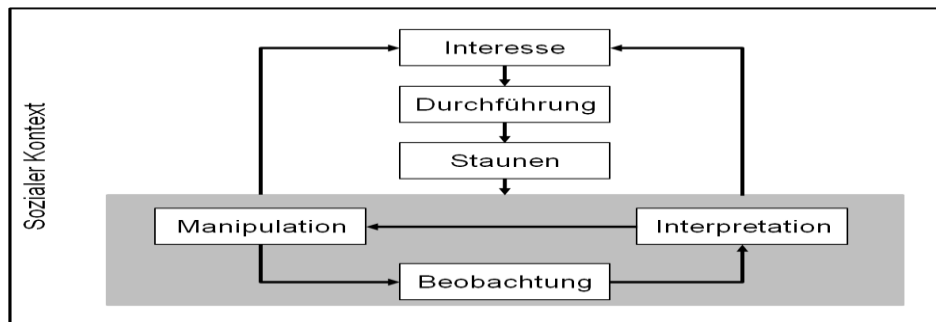


Abb. 1: Kreislaufprozess des forschendes Experimentierens (Assmussen & Öhding, 2010)

Auf diese Weise kann ein Kreislaufprozess des forschenden Experimentierens entstehen. Ziel dieses Prozesses ist die Bildung einer subjektiv tragfähigen Lösung für die anfangs entstandene Fragestellung, gleichzeitig geht damit eine Befriedigung des Interesses einher.

Welche Auswirkung auf die Aktivität der Kinder hat das Verhalten der ErzieherInnen beim forschenden Experimentieren?

Die Aufgabe der Fortbildung ist es, die Elementarpädagogen an die kompetente Begleitung des forschenden Experimentierens mit Kindern heranzuführen. Bei einer Videobeobachtung ergaben sich dazu interessante Hinweise: Nimmt die Erzieherin aktiv als Expertin am Experimentieren teil, so reduziert sich die Aktivität der Kinder auf rein mechanische Tätigkeiten, sie vollziehen die Aktionen der Erzieherin nach. Hält sich die pädagogische Fachkraft zurück und gibt nur gelegentliche Tipps, erhöht sich die Kreativität der Kinder, sie suchen und finden eigene Lösungen (Schließmann, 2007).

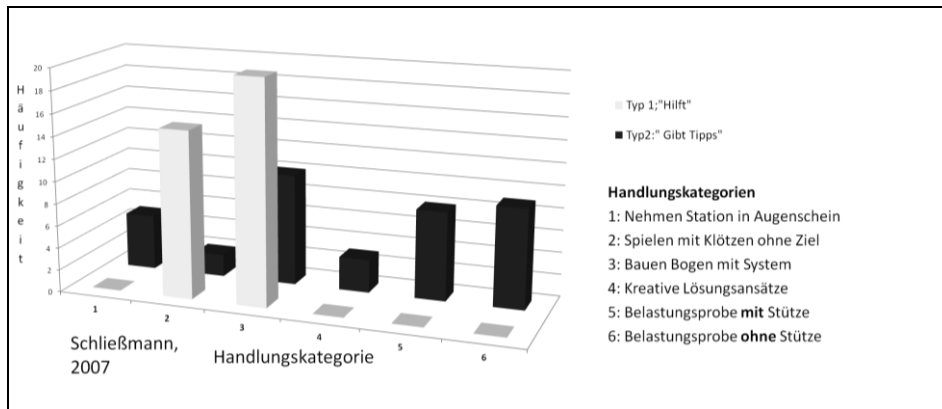


Abb. 2: Handlungskategorien „Begehbare Brücke“ (Schließmann, 2007)

Die kompetente Begleitung trägt wesentlich zum Erfolg des forschenden Experimentierens bei. In den Fortbildungsveranstaltungen von „Versuch macht klug“ stellt das Genetische Gespräch nach Wagenschein (1977) einen Baustein dar, um den Fachkräften diese Problematik bewusst zu machen.

Das Genetische Gespräch

In der Fortbildung wird am Ende der Phase des eigenständigen Experimentierens ein von der Gruppe ausgewähltes, besonders interessantes Phänomen in Anlehnung an das Genetische Gespräch von Wagenschein untersucht. Diese Gesprächsmethode lässt sich in fünf Phasen einteilen (Asmussen & Öhding, 2010):

Instruktionsphase

Zunächst erfolgt eine kurze Einführung in den Ansatz von Martin Wagenschein und die praktischen Aspekte der Durchführung eines genetisch-sokratisch-exemplarischen Gesprächs.

Experimentierphase

Das ausgewählte Phänomen wird in dieser Phase gemeinsam intensiv untersucht. Es werden unterschiedliche Parameter verändert, um die zugrundeliegenden naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zu erkennen und um Ansätze für spätere Erklärungen vorzubereiten.

Dokumentationsphase

Die Beobachtungen der Teilnehmer werden zusammengefasst und dokumentiert.

Erklärungsphase

In einer moderierten Diskussion werden die sich aus den zusammengefassten Beobachtungen ergebenden Erklärungsmuster entwickelt und diskutiert. Erst wenn alle Teilnehmer zu einer befriedigenden Erklärung für das Phänomen gekommen sind, endet diese Phase.

Reflexionsphase

In dieser abschließenden Phase wird das Gespräch aus einer Meta-Perspektive heraus reflektiert und die Chancen und Grenzen dieser Methode diskutiert.

Die Rolle der Elementarpädagogen

Ziel dieser Methode ist es, ein Nachvollziehen des Forschungsprozesses der Kinder zu ermöglichen. Über die vorbereitende Tätigkeit hinaus umschließt das forschende Lernen die Anforderung an die pädagogischen Fachkräfte, die Kinder beim Experimentieren zu beobachten und durch wohl dosierte Impulsgebung in ihrer Forschertätigkeit zu unterstützen. Sie können hierbei sowohl auf Interaktionen zwischen dem Phänomen und dem Kind als auch auf Prozesse in der Gruppe auf sensible Weise Einfluss nehmen. Folgende Fragen stehen

dabei im Zentrum: Wie kann ich Kinderfragen aufspüren? Wie kann ich die Aufmerksamkeit der Kinder auf ein Phänomen lenken, um ein Forschungsvorhaben zu initiieren? Welche Art von Fragen stimuliert die Kinder, selbst Fragen zu stellen? Wie kann ich Kindern helfen, gezielt zu beobachten? Wie kann ich mich zugunsten des Dialogs mit den Kindern zurücknehmen?

Untersuchungsergebnisse

Mittels leitfadengestützter Interviews wurden die Form und der Einsatz von Experimenten in der Kita sowie die Entwicklung der Fähig- und Fertigkeiten der Fachkräfte sechs Monate nach Teilnahme an „Versuch macht klug“ (N=24) untersucht (Richter, 2012).

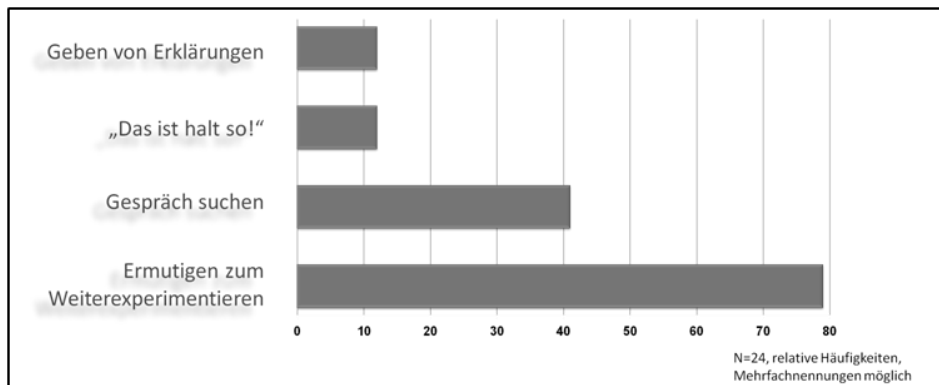


Abb. 3: Umgang mit Erklärungen (Richter, 2012)

Nahezu alle Elementarpädagogen unterstützen die Kinder im forschenden Weiterexperimentieren und beim selbstgesteuerten Finden eigener Erklärungen für das zu beobachtende Phänomen. Darüber hinaus versucht die Hälfte der Pädagogen in einem direkten Gespräch mit Kindern Erklärungen für das Phänomen zu finden. Dabei darf der Verzicht des Gebens eigener Erklärungen jedoch nicht den Verzicht auf das Eingehen von Kinderfragen und die Unterstützung des kindlichen Verständnisprozesses bedeuten; dieses Missverständnis deutete sich bei drei befragten Personen an. Weitere Interviewauswertungen zeigten, dass Fachkräfte, die durch das Experiment leiten oder intensiv mitexperimentieren, eher zu einer Vorwegnahme von Erklärungen für ein Phänomen tendieren. Bei dieser Methode besteht offensichtlich die Gefahr eines „Expertentums“ und des Ausbremsens der Eigenaktivität der Kinder. Die hier dokumentierten Verhaltenstendenzen müssen jedoch in einer separaten Studie quantitativ abgeklärt werden.

Literatur

- Asmussen, S. & Öhding, N. (2010). Versuch macht klug. Gießen
 Richter, K. (2012). Naturwissenschaftliche Förderkompetenz von Elementarpädagogen. Göttingen
 Schließmann, F. (2007). Naturwissenschaftliche Frühförderung im Kindergarten mit interaktiven Experimentierstationen. In E. Hammes-Di Bernardo (Hrsg.), Kompetente Erziehung. Weimar, Berlin, 126-134
 Wagenschein, M. (1977). Verstehen lehren. Weinheim, Basel

Forschendes Lernen im Web 2.0 - *kidipedia*

Kidipedia ist ein speziell für Kinder programmiertes Onlinelexikon, das Schülerinnen und Schülern der Primarschule die Möglichkeit bietet, Beiträge von Kindern für Kinder mit ihren eigenen Worten zu verfassen.¹ Zudem kann *kidipedia* die Lernenden von Anfang an dabei unterstützen, neue Inhalte in einer geschützten Umgebung forschend zu entdecken, Ideen und Anregungen zu erhalten und eigene (Forschungs-)Beiträge zu erstellen. Das frühzeitige Erlernen von geeigneten Suchstrategien kann zudem den Prozess des entdeckend-forschenden Lernens im World Wide Web positiv unterstützen, „denn besonders für das Entdeckende Lernen ist es notwendig, über Strategien zu verfügen, die eine sinnvolle Annäherung an das Problem ermöglichen“ (Winkel & Liebig, 2002, S. 18).

Suchstrategien

Man unterscheidet nach Kuhlen (1991) zwischen der gezielten Suche mit der Absicht bestimmte Informationen zu finden (Matching Paradigma) und dem Stöbern (Browsing), um „anknüpfend an einen als relevant gefundenen Text, verwandte Texte zu erkunden“ (Kuhlen, 1991, S. 26, zitiert nach Irion, 2007, S. 59) (exploratorisches Paradigma). Dieses explorative Vorgehen „wird von Kuhlen (1991, S. 126ff) aufgrund unterschiedlicher Zielbezüge in vier Untergruppen ausdifferenziert“ (Irion 2008, S. 59): 1. gerichtetes Browsing mit Mitnahmeeffekt, 2. gerichtetes Browsing mit Serendipity-Effekt, 3. ungerichtetes Browsing, 4. assoziative Browsing.

Beim Browsing mit Mitnahmeeffekt (1.) werden aufgrund eines gerichteten Informationsbedürfnisses Informationen entdeckt, die zum Stöbern auffordern und deren Existenz zu Beginn der Suche noch nicht bekannt war. Im Gegensatz dazu wird beim Browsing mit Serendipity-Effekt (2.) die Suche trotz gerichtetem Informationsbedürfnis nicht weiter verfolgt, da die neuen, unerwarteten Informationen das ursprüngliche Informationsbedürfnis überlagern. Beim ungerichteten Browsing ist „noch kein Plan vorhanden, ein bestimmtes Objekt zu finden“ (Irion, 2008, S. 59). Das assoziative Browsing unterliegt keiner gezielten Suche, die Verknüpfungen werden anhand zuvor unbestimmter Interessen verfolgt (vgl. Irion, 2008, S. 59).

Irion (2008, S. 60) kritisiert an der Klassifizierung von Kuhlen, dass sie „eher am Auffinden geeigneter Informationen orientiert [ist] als am eigentlichen Lernzuwachs“. Zudem vernachlässigt Kuhlen andere Motive (Shopping, Community, Entertainment usw.) und konzentriert sich auf die Informationsrecherche. Dabei folgt „die Recherche von Informationen anderen Gesetzen als die Suche nach einem herunterladbarem Update“ (ebd.).

Kidipedia verfolgt vor allem Ziele der gerichteten und ungerichteten Informationssuche und bedient nicht weitere Motive von sozialen Netzwerken oder Unterhaltungsplattformen.

Suchstrategien in *kidipedia*

Kidipedia bietet angelehnt an das Browsing nach Kuhlen (1991) verschiedene Strategien (Suchen, Stöbern, Verlinkungen), um Informationen zu einem

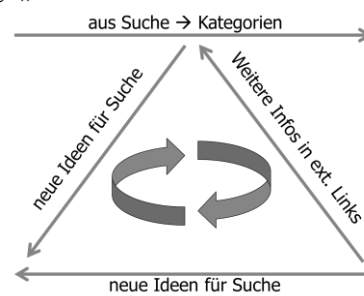


Abb. 1: Verbindungen zwischen Suchstrategien.

¹ Weitere Informationen zu *kidipedia* sind zu finden in Peschel, 2010.

Thema (z.B. „Unser Sonnensystem“) zu entdecken. Es „wird nicht erwartet, dass die [...] Schüler grundsätzlich Neues erforschen. In diesem Sinne wird forschendes Lernen als Möglichkeit verstanden, Schülern durch ‚Prozesse des Nacherfindens und Nachdenkens‘ einen subjektiven unbekanntem Sachverhalt erforschen zu lassen“ (Bönsch, 2000, S. 239 in Aepkers, 2002, S. 77). Da sich die Strategien gegenseitig bedingen (Abb. 1), unterstützt *kidipedia* das forschende Lernen; gewünscht ist ein „aktiver, produktiver und vor allem selbstbestimmter Lernprozess, bei dem der Lernende die Fragen stellt bzw. das Problem selbstständig erörtert und sich dann auf den Weg macht – von Einfallsreichtum und Experimentierfreude gestützt – eine Antwort bzw. Lösung herbeizuführen“ (ebd., S. 76).



Abb. 2: Logo mit Suchfeld

Suchen

Das Suchfeld ist bei *kidipedia* in das an immer gleicher Stelle sichtbare Logo integriert (Abb. 2). Es bietet den Kindern die zentrale bzw. „prominenteste“ Möglichkeit, gezielt nach Inhalten zu suchen (Matching Paradigma). Auch ist es möglich, nach weiteren Begriffen, die sie bei der Recherchearbeit in *kidipedia* entdecken, gezielt zu suchen. Wenn ein Kind der 3. Klasse z.B. das Wort „Sonnensystem“ bei *kidipedia* in die Suche eingibt, so findet es (aktuell) Beiträge aus unterschiedlichen Kategorien des Sachunterrichts. Schon bei den ersten Buchstaben erscheinen im Drop-Down-Feld Artikel, die weitere Ideen zu weiteren Suche ergeben können. Durch das Öffnen

der Beiträge kann das Kind auf neue Ideen gebracht werden (z.B. gezielt nach den einzelnen Planeten zu suchen) und weitere Begriffe ausfindig machen, nach denen es gezielt suchen kann. Die Suche wird dadurch komplexer und greift weitere Themengebiete, die zuvor ggf. nicht bedacht wurden, mit auf. Auch kann das Kind unabhängig vom Inhalt der Beiträge, durch die Kategorisierungen, weitere Anregungen erhalten, um gezielt in diesen Kategorien weiter zu suchen (beides gerichtetes Browsing).

Stöbern

Beim Auswählen der Option „stöbern“, im oberen Menüband der Internetseite *kidipedia*, öffnet sich zuerst die Übersicht aller Kategorien des Sachunterrichts (Abb. 3). Der Begriff „Stöbern“ entspricht den von Kuhlen (1991) erwähnten Untergruppen des Browsing. Das Kind kann entweder gezielt in den Kategorien suchen (gerichtetes Browsing) oder sich innerhalb der einzelnen Kategorien umschauen (ungerichtetes Browsing).

In Fortführung des obigen Beispiels würde das Kind beim gerichtetem Browsing direkt in der Kategorie „Weltall“ suchen und dort die einzelnen Beiträge durchstöbern. Im Falle des ungerichteten Browsing würde es sich ohne vorgefertigten Plan durch die verschiedenen Kategorien klicken.

Verlinkungen

Bei *kidipedia* besteht die Möglichkeit, dass Lehrpersonen zusätzliche Hinweise in Form von externen Links setzen, um einen weiteren Quellenbezug oder die Weiterführung von

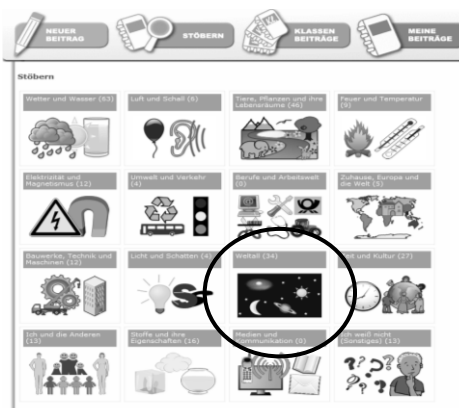


Abb. 3: Die Übersicht aller Kategorien des Sachunterrichts (O = Kategorie Weltall)

Themen (dann nicht notwendigerweise in kindgerechter Form) zu ermöglichen. Dazu wird die geschützte Umgebung von *kidipedia* verlassen und den im Internet angebotenen Hyperlinks gefolgt. Bei der Bearbeitung des Themas „Unser Sonnensystem“ findet man z.B. einen Link auf eine Internetseite für Kinder,² die sich mit den Planeten und der Sonne beschäftigt. Die Kinder können dort weiterführende Informationen finden.

Wenn sich ein Kind „außerhalb“ von *kidipedia* bewegt, dort den Verlinkungen folgt und sich anhand zuvor unbestimmter Interessen von einer Verknüpfung zur nächsten treiben lässt, handelt es sich nach Kuhlen (1991) um ein assoziatives Browsing – die Recherche ist nun nicht mehr zielgerichtet. Oft ist die Recherche im WWW auch mit Problemen wie „Desorientierung (lost in hyperspace)“ oder „kognitiver Überlastung“ verbunden (Irion 2008, S. 64). Das Kind könnte von den neuen und unvorhergesehenen Informationen überflutet werden oder im WWW die Orientierung verlieren; so kann es passieren, dass es die gestartete Recherche abbricht (gerichtetes Browsing mit Serendipity-Effekt). Daher ist *kidipedia* eine reduzierte und geschützte Umgebung, die nur durch wenige, von Lehrkräften gezielt gesetzte Verweise auf weiterführende Internetseiten, das Verlassen der Umgebung von *kidipedia* ermöglicht. Das Risiko für einen Abbruch der Recherche aufgrund von Überflutung oder Desorientierung wird minimiert. Innerhalb von *kidipedia* besteht immer die Möglichkeit an den Anfang des Suchprozesses mit einem Klick auf das Logo (→ Startseite von *kidipedia*) zurückzukehren.

Ergebnisse festhalten

Zum forschenden Lernen gehört nach Bönsch (2000, S. 235, Hervorhebung S.C.) das „Fragen formulieren, neugierig sein, Vermuten und Bilden von Hypothesen, gedankliches oder tatsächliches Lösen von Problemen [und die] **Ergebnisformulierung-/darstellung**“. Ein wesentliches Merkmal ist „das erreichte Resultat so darzustellen, daß seine Bedeutung klar [...] wird“ (Aepkers 2002, S. 75). *Kidipedia* bietet Lernenden diese Möglichkeit, nach vertiefter Recherche innerhalb und außerhalb von *kidipedia*, bestehende Beiträge des gewählten Themas zu überarbeiten bzw. zu ergänzen. Damit entspricht *kidipedia* einem mehrdimensionalen Lerninstrument zur Suche und Veröffentlichung von Sachunterrichts-erkenntnissen.

Literatur

- Aepkers, M. (2002). Forschendes Lernen – Einem Begriff auf der Spur. In M. Bönsch & A. Kaiser (Hrsg.), Basiswissen Pädagogik. Unterrichtskonzepte und -techniken. Bd. 4: Entdeckendes, Forschendes und Genetisches Lernen. Baltmansweiler: Schneider-Verlag Hohengehren, 69-87
- Bönsch, M. (2002). Variable Lernwege: ein Lehrbuch der Unterrichtsmethoden. 3. Aufl. Paderborn: Schöningh
- Irion, T. (2008). Hypermedia-Recherche im Grundschulalter. Baltmansweiler: Schneider Verlag Hohengehren
- Kuhlen, R. (1991). Hypertext. Ein nicht-lineares Medium zwischen Text und Wissensbank. Berlin: Springer Verlag
- Peschel, M. (Hrsg.) (2010). Neue Medien im Sachunterricht. Baltmansweiler: Schneider Verlag Hohengehren
- Winkel, J. & Liebig, S. (2002). Entdecken und Forschen online – Ein Praxisbericht. In M. Bönsch & A. Kaiser (Hrsg.), Basiswissen Pädagogik. Unterrichtskonzepte und -techniken. Bd. 4: Entdeckendes, Forschendes und Genetisches Lernen. Baltmansweiler: Schneider-Verlag Hohengehren, 17-26

² <http://www.kindernetz.de/infonetz/planeten/erde/-/id=27594/nid=27594/did=28194/11sbdpa/index.html>, gesehen am 2.10.2012.

Daniela Krischer
Martin Gröger

Universität Siegen

Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten – eine Konzeptidee

Es ist ein in der Chemiedidaktik seit langem diskutiertes Problem: die Wissenschaft Chemie und ihre technischen Anwendungen haben keinen guten Ruf und werden von der Mehrzahl der Bevölkerung eher ablehnend betrachtet: „Bemerkenswerterweise nutzt die Bevölkerung die Chemieprodukte ganz selbstverständlich und bewertet sie größtenteils sogar positiv. Dieses Wohlwollen überträgt sich jedoch nicht auf [...] die Produzenten. Im Gegenteil – stellt man Jugendlichen die Frage: ‚Welche Ereignisse werden nach deiner Meinung in Zukunft eintreten?‘, dann vertreten 63% der Befragten die Meinung, dass ‚Technik und Chemie‘ die Umwelt zerstören werden.“ (Lehmann-Riekert, 1999).

Der Antagonismus Chemie - Natur

Ende der 80er Jahre erforschten Scharf und Werth, wie die Konzepte Mensch – Chemie – Natur von Studierenden und Auszubildenden bewertet werden. Das Ergebnis von damals deckt sich im Wesentlichen mit dem Ergebnis, das wir bei einer Neuauflage der Studie im Jahr 2011 erhalten haben: Anders als „die Chemie“, die in den Köpfen der Menschen häufig auf die Teilbereiche technische und industrielle Chemie reduziert wird und negativ besetzt ist, wird „die Natur“ von nahezu allen Menschen sehr positiv bewertet, mitunter verbunden mit einer fast schon romantisch anmutenden Idealisierung (Scharf & Werth, 1989).

Welche Gründe könnte es für diese positive Einschätzung der Natur geben? Gebhard legt sich in seinen Abhandlungen auf eine positive Auswirkung der Natur auf den Menschen fest: „Naturräume mit Wiesen, Feldern, Bäumen und Wäldern haben eine belebende Wirkung bzw. bewirken eine Erholung von geistiger Müdigkeit und Streß (!). [...] Nach [...] Kaplan/Kaplan (1989) wirken sich Naturräume deshalb günstig auf die Gesundheit aus, weil sie einen Abstand zum Alltagsleben bzw. Alltagstrott ermöglichen und weil Naturerfahrungen Aufmerksamkeit provozieren, die nicht anstrengt.“ (Gebhard, 2010).

Der ungeliebte Chemieunterricht – eine Folge dieses Antagonismus`?

Ähnlich wie die Gegenstandsbereiche Chemie und Natur werden auch die Schulfächer bewertet, in denen diese betrachtet werden: Während Chemie ein eher unbeliebtes Fach ist, stellt Biologie ein überdurchschnittlich beliebtes Fach dar (Merzlyn, 2008).

Es stellt sich die Frage, ob nicht auch die oben dargestellten Sichtweisen auf den jeweiligen Gegenstandsbereich Chemie bzw. Natur – neben anderen in der didaktischen Literatur viel zitierten Faktoren (z.B. Inhalten, Methoden, Schwierigkeitsempfinden) – einen Erklärungsansatz für die negative Bewertung von Chemieunterricht bieten. Denn trotz vielfältiger didaktischer Bemühungen in den zuletzt genannten Bereichen des Unterrichts hat sich die Einstellung der Schüler/innen zum Chemieunterricht auch in den letzten Jahren nicht wesentlich verändert. Möglicherweise liegt also in der Aufarbeitung des Antagonismus Chemie – Natur ein Potenzial zur Verbesserung der Einstellung von Schüler/innen gegenüber dem Chemieunterricht.

Doch schon aus Forschungsarbeiten zum conceptual change ist bekannt: „Empirische Evidenz überzeugt nicht unbedingt“ (Duit, 1995). Gerade zur Beeinflussung von Schülerurteilen und Wertvorstellungen genügt es nicht, allein kognitiv zu arbeiten, es müssen auch emotionale und soziale Aspekte eingebunden werden. Dann besteht eher die Chance, das Bild der Schüler/innen von Chemie und Chemieunterricht zu erweitern, die Vorurteile der

Schüler/innen bezüglich einer „guten Natur“ und einer „bösen Chemie“ abzubauen und eine Annäherung der antagonistisch betrachteten Konzepte „Chemie“ und „Natur“ anzubahnen.

Chemieunterricht draußen

Ein Versuch, dies umzusetzen, könnte es sein, den Chemieunterricht teilweise aus dem Klassenraum bzw. dem Chemielabor nach draußen, in die (Nähe von) Natur zu verlagern. Dabei soll bei den Schüler/innen eine integrative Sicht auf ihre Umwelt bezüglich chemischer und natürlicher Aspekte befördert werden. Chemie kann an naturbezogenen Phänomenen erlebbar gemacht und die positive Einstellung zur Natur genutzt werden, um eine Änderung von Einstellungen und Gefühlen zu bewirken.

Nicht nur hinsichtlich der Einschätzung von Chemie und Natur, sondern auch bezüglich des Kompetenzzuwachses von Schüler/innen scheint das Lernen draußen sinnvoll: Falk & Dierking (1997) belegen z.B., dass Ausflüge nach draußen häufig und detailreich erinnert werden – sowohl bezüglich des Erlebten als auch der Lerninhalte.

Dieser Befund wird durch internationale Studien bestätigt: Zwischen 1995 und 1998 fand in den USA das Projekt „Using the Environment as an Integrating Context for Learning“ statt. Die teilnehmenden Schulen etablierten einen fächerübergreifenden Unterricht, der die schulische Umgebung zum Ausgangspunkt des Unterrichts machte. Im Vergleich waren bei den teilnehmenden Schüler/innen nach Abschluss des Projektes bessere kognitive Leistungen, geringere disziplinarische Probleme sowie eine gesteigerte Lern- und Leistungsmotivation festzustellen (Liebermann & Hoody, 1998). Dies spricht dafür, dass ein Chemieunterricht draußen neben einem erhofften Einstellungswandel zugleich die Möglichkeit bietet, die seit Jahren oftmals schlechten Leistungen (vgl. z.B. Merzyn, 2008) im Chemieunterricht zu verbessern.

Förderung einer Bildung für nachhaltige Entwicklung im Rahmen des Konzepts

Wer sich in der heutigen Zeit im Themenkreis „Chemie und Natur“ bewegt, sollte sich dem aktuellen Diskurs zur nachhaltigen Entwicklung nicht verschließen. Im Rahmen unserer Konzeptidee bedienen wir uns der Definition einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) des Bundesministeriums, wonach es das Ziel einer BNE sein muss, „die Menschen zur aktiven Gestaltung einer ökologisch verträglichen, wirtschaftlich leistungsfähigen und sozial gerechten Umwelt unter Berücksichtigung globaler Aspekte zu befähigen.“ Aus chemiedidaktischer Sicht scheint es aber legitim, einen Schwerpunkt im Bereich der Ökologie zu setzen, solange die beiden anderen Aspekte nicht vernachlässigt werden.

Mit diesen ökologischen Aspekten beschäftigt sich Umweltbildung schon lange. Viele Studien in diesem Bereich belegen: Entscheidend zur Ausbildung einer ökologischen Weltsicht, einer positiven Natureinstellung und ökologischem Verhalten sind Naturerfahrungen und eine daraus resultierende Naturverbundenheit.

In den letzten Jahren entstanden verschiedene Konzepte zur Etablierung einer BNE im Chemieunterricht. Zu nennen sind beispielsweise die Bemühungen der Forschergruppe um Ingo Eilks, Strategien der Green Chemistry im Chemieunterricht zu verankern, oder ausgewählte Kontexte im Rahmen des Unterrichtskonzepts Chemie im Kontext (Eilks, 2011 bzw. Parchmann, 2006). Beschäftigt man sich näher mit diesen Ansätzen, stellt man fest, dass sie meist einen inhaltlichen Schwerpunkt im Bereich der industriell-technischen Chemie haben (Synthesechemie, Recycling etc.). So bedeutsam solche industriell-chemischen Aspekte für modernen Chemieunterricht sind, könnte es darüber hinaus vor dem Hintergrund der Erkenntnisse der Umweltbildungsforschung sehr bereichernd sein, einen weiteren Weg ins Auge zu fassen.

In einem Chemieunterricht draußen können Kinder und Jugendliche neben der Vermittlung chemischer Kompetenzen zugleich vielfältige Erfahrungen im emotionalen und sozialen Bereich sammeln. Sie entdecken sich und ihre Umwelt noch einmal neu und vor allem

anders als im normalen Schulalltag. So könnte ein wichtiger Beitrag zur Ausbildung von Naturverbundenheit und damit einer ganzheitlichen BNE geleistet werden.

Erste Erfahrungen

Basierend auf diesen Überlegungen entwickeln wir ein Unterrichtskonzept, bei dem Schüler/innen chemische Inhalte und Basiskonzepte in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten erwerben. Die Grundlagen für eine praktische Umsetzung wurden bereits gelegt und erste Ansätze erprobt. In der naturnahen Umgebung des „Freilandlabors mit Experimentierfeld“ (FLEX; vgl. dazu Gröger, 2010) haben Schüler/innen seit etwa drei Jahren die Möglichkeit, sich, ausgehend von natürlichen Phänomenen, mit chemischen Aspekten zu befassen.

Verschiedene Unterrichtseinheiten für alle Altersstufen wurden bereits entwickelt und mehrfach durchgeführt. Das Thema „Farbstoffe und Färben“ bietet sich in unterschiedlichen Komplexitätsgraden für nahezu alle Altersstufen an, um sich mit den Ursachen von Farbe und Farbigkeit, Inhaltsstoffen von Färbepflanzen und deren Gewinnung sowie der chemischen Zusammensetzung der Farbstoffe zu beschäftigen. In der Einheit „Vom Korn zum Brot“ bietet sich die Möglichkeit, die chemische Reaktion einzuführen, Verarbeitungsprozesse der Mehl- und Broterzeugung kennen zu lernen und dabei im Sinne einer BNE verschiedenste Querverbindungen zu ökonomischen und sozialen Aspekten zu legen. Für jüngere, aber gerade auch ältere Schüler, bietet die Umweltanalytik vielfältige Möglichkeiten. Hier können Boden- und Wasserproben genommen, untersucht, bewertet und die Bedeutung und Struktur der verschiedenen Bestandteile erläutert werden. Daneben bietet es sich an, auf historische, soziale und ökonomische Aspekte einzugehen – beispielsweise im Zusammenhang mit Sprengels und Liebig's Untersuchungen zur Bodenfruchtbarkeit und Düngung sowie zur Problematik der Ernährung der Weltbevölkerung damals wie heute.

Ein Ziel unseres Konzeptes ist es, aufbauend auf unseren Erfahrungen im FLEX, Unterrichtsbausteine zu entwickeln, die sich um Umfeld jeglicher Schulen umsetzen lassen.

Literatur

- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), 905-923
- Eilks, I. u.A. (2011). Bildung für nachhaltige Entwicklung und Green Chemistry im Chemieunterricht. *Chemkon*, 18 (3), 123-128
- Falk, J.H. & Dierking, L.D. (1997). School Field Trips: Assessing Their Long-Term Impact. *Curator: The Museum Journal*, 40 (3), 211-218
- Gebhard, U. (2010). Wie wirken Natur und Landschaft auf Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität? In Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), *Konferenzdokumentation Naturschutz und Gesundheit. Allianzen für mehr Lebensqualität*, Bonn, 25-31
- Gröger, M. (2010). Das Freilandlabor FLEX in der Lehrerbildung. Ein Ansatz, Lehramtsstudierenden des Sachunterrichts chemische Wandlungsphänomene näher zu bringen. www.widerstreit-sachunterricht.de, Nr.15
- Lehmann-Riekert, A. (1999). Chemie und Öffentlichkeit – der (leicht) gestörte Frieden. *Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium*, 47, 797-800
- Liebermann, G. & Hoody, L. (1998). Closing the Achievement Gap: Using the Environment as an Integrating Context for Learning. Results of a Nationwide Study. San Diego
- Merzyn, G. (2008). Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern und das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen. *Baltmannsweiler*
- Parchmann, I. u.A. (2006). Von Anfang an. Nachhaltigkeit durch Chemieunterricht. In M. Angrick u.A. (Hrsg.), *Nachhaltige Chemie. Erfahrungen und Perspektiven*. Marburg, 115-128
- Scharf, V. & Werth, S. (1989). Einstellungen und Chemieunterricht - Was bleibt eigentlich? *ChemicaDidactica*, 15, 55-70

Vorbilder für Mädchen im Chemie-/Physikunterricht

Obwohl Mädchen bezogen auf ihre Schulnoten gemeinhin als Bildungsgewinnerinnen gelten, werden für den MINT-Bereich weiterhin Leistungsunterschiede zugunsten von Jungen verzeichnet (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2010, S. 88). Geschlechterdifferenzen treten besonders deutlich hervor, wenn das Fähigkeitsselbstkonzept, d.h. die innere Überzeugung davon, wie gut eine bestimmte Aufgabe erledigt werden kann, erhoben wird. So zeigen Befunde der PISA-Studie 2006, dass Geschlechterdifferenzen für das naturwissenschaftsbezogene Fähigkeitsselbstkonzept (Effektstärke von $d = .38$) größer ausfallen als der gemessene Kompetenzunterschied zwischen deutschen Mädchen und Jungen im naturwissenschaftlichen Lernbereich ($d = .07$ auf der Gesamtskala Naturwissenschaften). Zudem ist das Berufs- und Studienwahlverhalten von Jugendlichen geschlechtstypisch. Insbesondere in den klassischen Männerdomänen, wie Maschinenbau und Physik, fehlt es an weiblichem Nachwuchs. Positiv hat sich der Anteil Studienanfängerinnen in den Fächern Chemie und Mathematik entwickelt. Hier haben die Frauen aufgeholt (Quaiser-Pohl, 2012). Da die berufliche Ausrichtung häufig auf stereotypen Mustern basiert, erscheint es sinnvoll, jungen Menschen Informationen über ein breites Spektrum an Berufen an die Hand zu geben. Gleichzeitig sollte man sie dazu ermutigen, ihre Berufsorientierung nach ihren persönlichen Neigungen und Kompetenzen und eben nicht an Geschlechtsstereotypen auszurichten. In diesem Zusammenhang wird diskutiert, ob die Präsentation von Vorbildern junge Frauen dazu inspirieren kann, nicht-traditionelle Karrieren einzuschlagen.

Die Bildungsgewinnerinnen via Vorbilder für MINT gewinnen?!

Von den vielen Faktoren, die geschlechtstypische Verhaltensweisen ausformen und auf Berufswahlentscheidungen einwirken, wird der Einfluss von Vorbildern als besonders wirkungsvoll eingestuft. Für Interventionsmaßnahmen sind die folgenden Vorgehensweisen typisch (Prechtel, 2012, S. 132): 1. Lektüre bzw. Filmvorführung von Biografien berühmter Wissenschaftlerinnen; 2. Kontakt mit Wissenschaftlerinnen; 3. Mentoring-Programme. Qualität und Dauer der Auseinandersetzung zwischen Individuum und Modellperson sind dabei unterschiedlich (vgl. Gibson, 2004). Zahlreiche Literaturquellen zeugen davon, dass die Darbietung von Vorbildern als Angelpunkt für Interventionen, quasi als Königsweg, gesehen wird (Prechtel, in Vorbereitung). Es gibt jedoch einige „Haken“. Ein Überblick zu Jugendstudien, in denen nach Vorbildern gefragt wurde, zeigt, dass sich Jugendliche überwiegend an Personen aus dem Nahbereich (Eltern) und an Stars orientieren (vgl. Stamm, 2005). Sängerinnen werden von den Mädchen und Sportler von den Jungen deutlich stärker präferiert. Naturwissenschaftler/innen spielen keine Rolle. Davon zeugen auch Interessentstudien. In den ROSE-Teilstudien (vgl. Holstermann & Bögeholz, 2007) wurden die zehn interessantesten bzw. uninteressantesten Items aus 108 wählbaren Items in der Form eines Mittelwert-Rankings dargestellt. In allen Untersuchungen findet sich das Item „Berühmte Naturwissenschaftler(innen) und ihr Leben“ auf den letzten Rangplätzen wieder.

Interventionsmaßnahmen und alternative Konzepte auf dem Prüfstand

Im Rahmen eines Projektes wurde der Konnex *Mädchen/Vorbilder* aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet. Die Annäherung an die Problemstellung erfolgte auf hermeneutischem Wege (*Analyse A*) und empirischem Wege (*Analyse B*). Es wurde hinterfragt, ob mittels einer Auseinandersetzung mit Biografien berühmter Wissenschaftlerinnen die Potenziale wirksam werden können, die in der einschlägigen Literatur vorausgesetzt werden. Die Ergebnisse der Quellenanalysen wurden mit Befunden zweier Befragungen zu Vor-

bildern ergänzt, an denen Lehramtsstudierende aus Siegen teilgenommen haben. Das Projekt wurde an der Universität Siegen initiiert, dort von der Gleichstellungsbeauftragten der Universität gefördert und im Rahmen der Gastprofessur „Gender & Diversity“ der Leibniz Universität Hannover fortgeführt.

Analyse A

Die umfangreiche Quellenanalyse kann hier nur fragmentarisch wiedergegeben werden. Exemplarisch wird der Aspekt „Vorbilder aus dem Nahbereich“ aufgegriffen. In der Studie von Lockwood (2006) wurde ermittelt, welche Vorbilder Studierende benennen, wenn sie die freie Wahl haben. Die Mehrheit der Teilnehmer/innen gab an, ihr Vorbild persönlich zu kennen. Aufbauend auf diesem Befund widmen wir uns zwei Interventionsmaßnahmen, die Vorbilder aus dem Nahbereich in den Mittelpunkt stellen. Zum einen wurde im Rahmen der Studie „*Vorbilder gesucht! – Erfahrungen mit der Implementierung des Giraffe Heroes Projekts*“ (Heeg & Prechtel, in Vorbereitung) auf der Grundlage des amerikanischen Konzepts (www.giraffe.org) eruiert, wie Schüler/innen sich selbstständig auf die Suche nach Menschen aus ihrem Nahbereich begeben, die, wie die Giraffe, aus der Menge herausragen. Als Extrakt liegt ein Unterrichtsgang vor, der Lehrpersonen als Leitfaden dienen kann. Zum anderen wurde ein Comic für die Lehrerbildung konzipiert. Bei der Illustration der Bildsequenzen wurde darauf geachtet, dass die Modellpersonen Gemeinsamkeiten mit den Rezipient/innen, bezogen auf Alter, Aussehen und Berufskontext, aufweisen (Prechtel, 2013).

Analyse B

Die empirische Studie umfasst zwei Teilstudien. Die gesamte Studie wurde zweimal, jeweils im Oktober der Wintersemester 2009/2010 und 2010/2011, mit Lehramtsstudierenden mit den Schwerpunkten Chemie, Biologie, Physik bzw. Sachunterricht der Universität Siegen durchgeführt (N = 307 Personen; 235 Frauen: 76,3%, im 1,8-ten Semester; 72 Männer: 23,4%, im 2,6-ten Semester). Die Beteiligten streb(t)en die folgenden Abschlüsse an: 35,4%: Lehramt für die Primarstufe (P), 53,6%: Lehramt für Haupt- und Realschulen (HR), 10,4%: Lehramt für das Gymnasium (GYM). Die Personen der ersten Stichprobe wurden für die zweite Teilstudie erneut befragt. Für die zweite Teilstudie verringerte sich die Stichprobe auf N = 287. Es wurden eigene Fragebögen entwickelt.

Eine Auswahl an Befunden zu Teilstudie 1

- *Haben Sie ein Vorbild?* 21,1 % der befragten Personen gibt an, ein Vorbild zu haben. Die Personen stammen überwiegend aus dem Nahbereich. Die Durchführung eines Chi-Quadrat-Tests nach Pearson ergab keine signifikante Korrelation zwischen dem Geschlecht und dem Vorhandensein eines Vorbilds ($\chi^2 = ,119$; $p > .05$).

- *Gibt es in den folgenden Bereichen – Religion/Ethik, Sport, Musik/Literatur/Kunst und Wissenschaft – eine Person, deren Leistungen Sie bewundern?* Die Anzahl der Studierenden, die eine Person in einem der vorgegebenen Bereiche für ihre Leistung bewundern, ist mit 49,6 % deutlich größer. Es kann ein sehr nah an der Signifikanz liegender Zusammenhang für die Angabe einer Modellperson und für das Geschlecht der Studierenden ausgemacht werden ($\chi^2 = 4,113$; $p = .054$). Innerhalb des Studiengangs Primarstufe ist eine einseitig signifikante Korrelation zwischen dem Geschlecht und der Existenz einer bewunderten Person auszumachen ($\chi^2 = 5,580$; $p < .05$).

- Da insbesondere die bewunderten Personen im Bereich *Wissenschaft* interessieren, werden diese gesondert betrachtet: 18,4% der Studentinnen und 25,4% der Studenten geben für diesen Bereich eine Person an, deren Leistungen sie bewundern. Bezüglich des Geschlechts kann kein signifikanter Unterschied verzeichnet werden ($\chi^2 = 1,657$; $p > .05$). Hingegen wird für die Studiengänge ein signifikanter Unterschied festgestellt ($\chi^2 = 14,278$; $p < .001$):

13,1% der Studierenden des Lehramts P, 20,6% der Studierenden des Lehramts HR und 43,8% der Studierenden des Lehramts GYM benennen mindestens eine Person im Bereich Wissenschaft.

- Mittels offener Antwortmöglichkeit wurden *Menschen, deren Leistung man in den oben genannten Bereichen bewundert*, abgefragt. Insgesamt wurden 63 bewunderte Persönlichkeiten der Wissenschaft genannt: Naturwissenschaftler/innen/gesamt: 76%, darunter Einstein (19%) und Darwin (14%). Mit sechs von 63 Nennungen entspricht der Anteil der Frauen 9,5%. In den anderen Bereichen fiel der Frauenanteil vergleichbar gering aus.

- *Nennen Sie bitte die Naturwissenschaftler bzw. Naturwissenschaftlerinnen, über die Sie etwas im Unterricht Ihrer Schule erfahren haben!* Es gab insgesamt 920 Nennungen; u.a. Einstein (143), Darwin (134), Bohr (111) und Newton (99). Marie Curie wurde 32-mal und „Curie“ ohne genaue Spezifizierung 31-mal genannt. Bezogen auf die 920 Nennungen wurden die prozentualen Anteile für einzelne Gruppen wie folgt bestimmt: Physiker/innen/gesamt: 55%, Naturforscher/innen/gesamt: 26,7%, Biolog/innen/gesamt: 6,6%, Chemiker/innen/gesamt: 2,5%.

Eine Auswahl an Befunden zu Teilstudie 2

Die Studierenden bekamen die Aufgabe gestellt, berühmte Naturwissenschaftler/innen anhand ihrer Porträts zu erkennen. Von den in Tab. 1 aufgeführten Personen wurden jeweils zwei Abbildungen präsentiert, wobei je ein Bild den jungen und ein Bild den älteren Menschen zeigte. Die Bilder wurden um zwei weitere Bilder berühmter Personen des gleichen Geschlechts ergänzt, so dass sich zwei Bildreihen mit sechs Bildern ergaben.

	Einstein	Bohr	Curie	Meitner
<i>nicht</i> erkannt	12,0%	36,7%	48,4%	75,0%
nur Bild ‚ <i>alt</i> ‘ erkannt	75,0%	3,2%	17,5%	5,2%
nur Bild ‚ <i>jung</i> ‘ erkannt	-	49,7%	22,7%	10,4%
<i>beide</i> Bilder erkannt	6,2%	3,2%	4,5%	2,3%

Tab. 1: Konnte die/der Wissenschaftler_in anhand des Bildes identifiziert werden?

Dreiviertel der Student/innen kann Lise Meitner auf keinem der Bilder identifizieren und Marie Curie wird von nahezu der Hälfte der befragten Studierenden nicht erkannt. Niels Bohr und Albert Einstein werden hingegen häufiger richtig zugeordnet.

Eine dezidierte Interpretation der Befunde aus den beiden Teilstudien kann hier aus Platzgründen nicht erfolgen. Eine Publikation folgt (Pechtl, in Vorbereitung), in der u.a. auch die Begriffe Vorbild, Role Model, Mentor/in und Star differenzierter betrachtet werden.

Literatur

- Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2010). http://www.bildungsbericht.de/daten2010/bb_2010.pdf
- Gibson, D. E. (2004). Role models in career development: New directions for theory and research. *Journal of Vocational Behavior*, 65, 134-156
- Holstermann, N. & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 71-86
- Lockwood, P. (2006). „Someone like me can be successful“: do college students need same-gender role models? *Psychology of Women Quarterly*, 30, 36-46
- Pechtl, M. (2012). Mädchen und Jungen im Chemieunterricht. In K. Freytag et al. (Hrsg.), *Handbuch des Chemieunterrichts – Sekundarbereich I. Bd. 1: Ziele und Wege*. Köln: Aulis, 118-147
- Pechtl, M. (2013). Auf den richtigen Stil kommt es an! – Chancengleichheit via Reattributionstraining. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, Heft 133
- Quaiser-Pohl, C. (2012). Mädchen und Frauen in MINT: Ein Überblick. In H. Stöger, A. Ziegler & M. Heilemann (Hrsg.), *Mädchen und Frauen in MINT*. Berlin: Lit, 13-39
- Stamm, M. (2005). *Vorbilder der Jugend – Jugend als Vorbild? Ein Begriff und seine vernachlässigte Bedeutung*. Berlin: Pro Business

Philipp Spitzer¹
 Markus Precht²
 Martin Gröger¹

¹Universität Siegen
²Universität Hannover

Risikoverhalten und maskuline Performanz von Jungen im Chemieunterricht

Jungen in der frühen und mittleren Adoleszenz, d.h. im Alter zwischen 11 und 17 Jahren, zeigen ein ausgeprägteres exteriorisierendes Risikoverhalten und ein größeres Interesse an risikokonnotierten Inhalten als gleichaltrige Mädchen. Pressemeldungen liefern oft Beispiele für riskante Verhaltensweisen im Umgang mit gefährlichen Stoffen. Da dieser Umgang im Unterricht oder im Freizeitbereich prekäre Situationen herbeiführen kann, versuchen wir im Rahmen unseres Forschungsprojekts Gründe für jugendliches Risikoverhalten zu finden. Im hermeneutischen Teil der Studie (Analyse A) nehmen wir eine Bestandsaufnahme wesentlicher Faktoren von Risikoverhalten vor. Die empirische Studie (Analyse B) ist dem Desiderat von Untersuchungen zum Einfluss der Risikoaffinität auf das Interesse an chemischen Inhalten gewidmet. Die Befunde beider Analysen können hier nur fragmentarisch wiedergegeben werden. Eine ausführliche Darstellung folgt (Spitzer & Precht, in Vorbereitung).

Analyse A

Einfluss- und Kontextfaktoren jugendlichen Risikoverhaltens

- *Einfluss der Hormone.* Untersuchungen der Arbeitsgruppe von Zuckerman (1988) zeigen für Jungen einen durchschnittlich höheren Sensation-Seeking-Wert als für Mädchen. Eine mögliche Deutung dieses Befunds, der von anderen Arbeitsgruppen bestätigt wurde, basiert auf unterschiedlichen Konzentrationen von Testosteron im Blutserum von Jungen und Mädchen. Dies erscheint plausibel, wenn man berücksichtigt, dass risikokonnotierte Aktivitäten bei Jungen mit Beginn der Pubertät zunehmend verzeichnet werden können.
- *Einfluss des Alters.* Anhand ihrer ethnografischen Analysen können Faulstich-Wieland, Weber & Willems (2004) und Budde (2005, 2008) zeigen, dass zahlreiche Praktiken von Jugendlichen einerseits als geschlechtsexklusiv, andererseits auch als ein Zur-Schau-Stellen des individuellen Entwicklungsstands (Doing Adult) interpretieren werden können. In biografischer Zukunftsschau verknüpfen insbesondere Jungen Vorstellungen von Erwachsensein und Maskulinität miteinander (Winter & Neubauer, 1998, S. 153). Risikoverhalten im Sinne von „Etwas wagen, was sich Jüngere noch nicht trauen“, kann als ein Mittel zur Befriedigung entwicklungsbezogener Bedürfnisse und Orientierungsprobleme ausgelegt werden (vgl. Franzkowiak, 1987).
- *Einfluss der Eltern und Peers.* In Sozialisationsprozessen hat das Geschlecht eine Moderatorfunktion (vgl. Hagan & Kuebl, 2007). Unter anderem führt das konsensuelle Wissen von den je typischen Merkmalen der Geschlechter dazu, dass Mädchen und Jungen entsprechend dieser Merkmale sozialisiert werden.
- *Einfluss der Geschlechtsrollenorientierung.* Aus Perspektive des Androgynie-Ansatzes werden Geschlechtsrollenorientierungen als Typen konzeptualisiert, d.h. Personen in quantitativer Hinsicht dahingehend unterschieden, ob sie mehr oder weniger maskulin bzw. feminin sind. Folglich werden sie den vier Kategorien feminin, maskulin, androgyn und undifferenziert zugeordnet. Unsere Literaturrecherche legt nahe, dass die Existenz von femininen Persönlichkeitsmerkmalen in der androgynen Geschlechtsrolle möglicherweise zu einer größeren Resistenz gegenüber dem sozialen Druck, maskulines Verhalten auszuüben, führt. Insgesamt scheint die Geschlechtsrollenorientierung größeren Einfluss auf Risikoverhalten zu haben als das biologische Geschlecht (vgl. Spitzer & Precht, in Vorbereitung)

Geschlechtstypisches Rollenverhalten im Chemieunterricht

Im Vergleich zu gleichaltrigen Mädchen sind Jungen im schulischen Alltag und in der Freizeit durchschnittlich „performanzorientierter“ (Fensterwald & Ziegler, 2002). Sie markieren ihre Geschlechtszugehörigkeit durch Konkurrenzverhalten und innergeschlechtliche Solidarität und wenden mehr Energie für die Inszenierung ihrer Durchsetzungsfähigkeit in der Klasse auf. Dabei sind sie einem hohen Sozialisationsstress ausgesetzt. Sie versuchen ihren verinnerlichten Überlegenheitsimperativen, wie etwa „Jungen müssen sich durchsetzen können“ und „Jungen müssen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich besser sein als Mädchen“, gerecht zu werden. Im Chemieunterricht bieten insbesondere Schülerexperimente geeignete Anlässe, Imperative zu bestätigen. Freese (2008) und Prechtel (2006, S. 189ff.) haben der Situation des Schülerexperiments einen besonderen Stellenwert für die alltägliche Inszenierung maskuliner und femininer Verhaltensskripts zugesprochen. Gerade leistungsschwache Jungen, deren Überlegenheit durch leistungsstärkere Mitschüler/innen infrage gestellt ist, unternehmen im Unterricht große Anstrengungen, um ihrem Bedürfnis nach Geltung und Vormachtstellung in der Gruppe nachzukommen. Vermeintliche Anerkennung erhoffen sie sich durch auffällige, raumgreifende und riskante Verhaltensweisen; auch im Umgang mit Chemikalien und Laborgeräten.

So gesehen unterliegen Jungen einer gewissen Notwendigkeit, grenzverletzendes Verhalten zu zeigen, wenn sie unter Gleichaltrigen Anerkennung erhalten und nicht als weiblich oder schwach angesehen werden möchten. Der Unterricht eignet sich als Raum für die performative Darstellung des maskulinen Habitus. Mit dem Konzept des Habitus beschreibt Bourdieu verinnerlichte Wahrnehmungs-, Denk- und Verhaltensmuster (Bourdieu, 1982). Er ist ein nützliches Instrument, mit dem die Ordnungsgrundlagen von Doing Gender erklärt werden können. Die soziale Praxis des Doing Gender ist immer eine durch das soziale Umfeld, in das die Akteure involviert sind, vorstrukturierte Praxis. Orientierungshilfen bieten Beobachtungen anderer Akteure im Feld, explizite Überlieferungen durch Lehrer, Eltern oder mediale Personen, die Enkulturation in der Fachkultur usw. Sie hinterlassen eine Spur, die wie folgt gelesen werden kann: Chemie = Risiko, Chemie = Mann, Mann = Risiko.

Analyse B

In einer empirischen Studie mit Schülerinnen und Schülern der achten und neunten Klasse wurde der Einfluss von Risikoaffinität auf das Interesse an naturwissenschaftlichen Themen untersucht. Es ist zu vermuten, dass die Themen „Funktion der Atombombe“ und „explosive Chemikalien“ für Lernende zu unterschiedlichen Kategorien gehören. Während die explosiven Chemikalien deutlich alltagsnäher sind und ein Kontakt mit ihnen möglich ist, zählt die Atombombe zu den alltagsfremden, abstrakten Themen. Das Interesse der Jungen an risikobehafteten, alltagsnahen Themen korreliert positiv mit dem Risikoverhalten beim Experimentieren (siehe Tab. 1). Ein ähnlicher Zusammenhang kann für Schülerinnen nicht hergestellt werden. Ist Interesse an alltagsnäheren Themen vorhanden, begründen sie dieses mit einem gesellschaftlichen Bezug und der Anwendbarkeit des Themas, oft auch durch die Sichtbarkeit von naturwissenschaftlichen Prozessen. Jungen begründen ihre Affinität meist mit dem Interesse am genannten Thema selbst. Im Unterschied zu dem Interesse an explosiven Chemikalien spielt die Risikobereitschaft beim Experimentieren für das Interesse an der Funktion der Atombombe eine eher untergeordnete Rolle. Das ebenfalls erhobene Selbstbild in Chemie hat hier einen wesentlich größeren Einfluss auf die Themenwahl.

		<i>Risikoverhalten beim Experimentieren</i>	<i>Einstellung zu Experimenten allgemein</i>	<i>Selbstbild in Chemie</i>
Schülerinnen (N = 90)				
Interesse an der Funktion der Atombombe	Korr. (ρ)	.165	-.026	.052
Interesse an explosiven Chemikalien	Korr. (ρ)	.242*	.165	.205
Schüler (N = 78)				
Interesse an der Funktion der Atombombe	Korr. (ρ)	.255*	-.079	.434**
Interesse an explosiven Chemikalien	Korr. (ρ)	.379**	.104	.250*

Tab. 1: Korrelationen (Spearman) mit den drei extrahierten Faktoren
(* = einseitig signifikant, ** = zweiseitig signifikant)

Ausblick

Ein im Rahmen der Gastprofessur „Gender & Diversity“ an der Leibniz Universität Hannover initiiertes Folgeprojekt stellt die Bewertungskompetenz von Jugendlichen im Zusammenhang mit Risiko, speziell im Kontext von Mutproben, die oft im Internet inszeniert werden, in den Vordergrund. Es werden Mutproben thematisiert, die Phänomene aus Biologie, Chemie und Physik zeigen (z.B. die *Salt-and-Ice-Challenge*). Risikoaffinität wird dabei als Lernanlass betrachtet und zugleich als Interventionsmöglichkeit, die darauf abzielt, die körperliche Unversehrtheit der Jugendlichen zu bewahren.

Literatur

- Bourdieu, P. (1982). Die feinen Unterschiede. Kritik der gesellschaftlichen Urteilskraft. Frankfurt/M.: Suhrkamp
- Budde, J. (2005). Doing gender – Doing masculinity. Männlichkeiten in schulischen Interaktionen. Zeitschrift für Frauenforschung & Geschlechterstudien, 4, 68-78
- Budde, J. (2008). Geschlechterkonstruktionen im Sozialen Lernen in der Schule. Zeitschrift für Frauenforschung & Geschlechterstudien, 26(1), 69-81
- Faulstich-Wieland, H., Weber, M. & Willems, K. (2004). Doing Gender im heutigen Schulalltag. Weinheim: Juventa
- Finsterwald, M. & Ziegler, A. (2002). Geschlechterunterschiede in der Motivation. In: Bildung und Begabung e.V. (Hrsg.). Hoch begabte Mädchen und Frauen. Bad Honnef. Tagungsbericht, 67-84
- Franzkowiak, P. (1987). Risikoverhalten als Entwicklungsaufgabe: Zur „subjektiven Vernunft“ von Zigarettenrauchen und Alkoholkonsum in der Adoleszenz. In: Laaser, U. (Hrsg.). Prävention und Gesundheitserziehung. Berlin: Springer, 63-84
- Freese, U. (2008). Geschlechtergerechte Experimente im Chemieunterricht? In: Faulstich-Wieland, H. et al. (Hrsg.). Genus – Geschlechtergerechter naturwissenschaftlicher Unterricht in der Sekundarstufe I. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 61-70
- Hagan, L. & Kuebli, J. (2007). Mothers' and fathers' socialization of preschoolers' physical risk-taking. Journal of Applied Developmental Psychology, 28(1), 2-14
- Pechtl, M. (2006). „Doing Gender“ im Chemieunterricht. Zum Problem der Konstruktion von Geschlechterdifferenz – Analyse, Reflexion und mögliche Konsequenzen für die Lehre von Chemie. Dissertation, Universität zu Köln: kups.ub.uni-koeln.de/1825/
- Winter, R. & Neubauer, G. (1998). Kompetent, authentisch und normal? Aufklärungsrelevante Gesundheitsprobleme, Sexuaufklärung und Beratung von Jungen. Köln: BZgA
- Zuckerman, M. (1988). Behavior and Biology: Research on Sensation Seeking and Reactions to the Media. In: Donohew, L., Sypher, H. E. & Higgins, E. T. (Hrsg.). Communication, Social Cognition and Affect. Hillsdale: Lawrence Erlbaum

Chemie in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten schon im Sachunterricht

Naturwissenschaftler beobachten die Natur, beschreiben sie, bilden Kategorien und stellen Regeln und Gesetze auf. Alle Forschungen und Bemühungen gehen von der Natur aus. Sie ist der ursprüngliche Forschungsgegenstand, wenngleich u.a. durch Forschungsfortschritt, Spezialisierung, Technisierung und Massenumsatz aus dem Blick geraten.

Die Natur als Ausgangspunkt von Naturbetrachtung im Schulunterricht neu zu entdecken, könnte unserer Ansicht nach ein lohnender Ansatz sein, um Grundschüler, aber auch Studierende des Sachunterrichts, mehr für die chemischen Aspekte in diesem Querschnittsfach zu interessieren.

Chemie versus Natur

Chemie und Natur haben für viele Menschen nur wenige Gemeinsamkeiten. In den 90er Jahren befragten Scharf & Werth (1991) Siegener Studierende zum Verhältnis der Konzepte „Chemie“, „Mensch“ und „Natur“. Sie nutzten dazu das Semantische Differential von Osgood, um gerade unbewusste Einstellungen aufdecken zu können. Die Konzepte „Mensch“ und „Chemie“ wurden dabei von den Befragten etwa gleich (neutral bis leicht positiv) bewertet. Das Konzept „Natur“ hingegen wurde fast ausschließlich positiv beurteilt. Im Jahr 2011 wurde die Befragung von uns erneut mit einer vergleichbaren Stichprobe (N = 84) durchgeführt. Es zeigte sich ein fast identisches Bild: Die Konzepte „Chemie“ und „Mensch“ werden beide leicht positiv bewertet und weisen keinen signifikanten Unterschied zueinander auf. Das Konzept „Natur“ wird von den Befragten als deutlich positiver wahrgenommen und es unterscheidet sich signifikant (t-Test: 2-seitig signifikant) von den Konzepten „Chemie“ und „Mensch“. (siehe Abbildung 1).

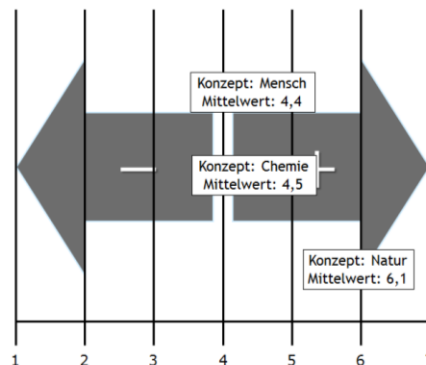


Abb. 1: Konzepte „Chemie“, „Mensch“ und „Natur“ im semantischen Differential

Im Gegensatz zur früheren Untersuchung werden alle drei Konzepte insgesamt etwas positiver bewertet. Verallgemeinernd kann man daraus vorsichtig folgern, dass Laien Chemie häufig als etwas Künstliches und nur durch den Menschen Erschaffenes ansehen. Mit Chemie und Chemietechnik werden viele negative Aspekte wie Umweltverschmutzung, Zerstörung und Künstlichkeit verbunden. Demgegenüber wird Natur häufig romantisierend als etwas Gutes und Ungefährliches wahrgenommen.

Stellenwert von Chemie im Sachunterricht

Chemische Inhalte haben im Sachunterricht der Grundschule gegenüber den anderen Teilbereichen einen eher geringen Stellenwert (vgl. Altenburger, 2011; Risch & Lück, 2004). Dies bestätigte auch eine Befragung von Sachunterrichtslehrer/innen aus der Region Siegen (N = 54). Die Grundschullehrer/innen sollten die Themengebiete Biologie, Sozialwissenschaften, Erdkunde, Geschichte, Physik und Chemie nach der Wichtigkeit im Sachunterricht ordnen. Zusätzlich wurde die durchschnittlich unterrichtete Anzahl unterschiedlicher Themen pro Halbjahr erfragt. Wie Abbildung 2 zeigt, hat Chemie im Sachunterricht der Grundschule einen geringen Stellenwert und belegt bei der Frage nach der Wichtigkeit der einzelnen Fächer des Sachunterrichts durchschnittlich den letzten Platz (siehe Abbildung 2).

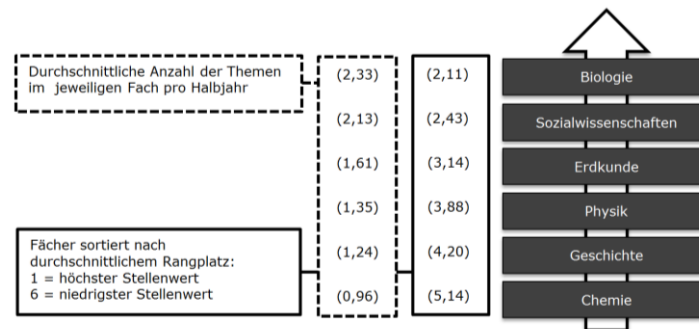


Abb. 2: Stellenwert des Themenfeldes „Chemie“ im Sachunterricht

Der geringe Stellenwert des Faches spiegelt sich auch in der Anzahl der unterrichteten Themen pro Schulhalbjahr wider. Werden biologische Themenbereiche mit durchschnittlich 2,33 Themen unterrichtet, findet sich im Mittel nur knapp ein Thema pro Halbjahr aus dem Bereich der Chemie.

Sachunterricht findet primär im Klassenraum statt

Obwohl naturbezogene Lerngegenstände einen ansehnlichen Teil des Sachunterrichts ausmachen (vgl. Lehrplan Sachunterricht NRW) und vieles für häufige Klassengänge nach draußen spricht, wird Sachunterricht pro Halbjahr im Durchschnitt nur 4,3 Schulstunden außerhalb des Klassenraums unterrichtet, wie die eigene Befragung der Grundschullehrer zeigt. Außerhalb des Klassenraums schließt dabei neben einem Unterricht in natürlichen Kontexten und naturnaher Umgebung auch weitere Orte wie Museen ein. Dort werden vor allem Themen aus dem Bereich der Biologie oder der früheren Heimatkunde unterrichtet.

Konzeptidee: Chemie in der Natur er-leben

Uns scheint es wichtig, dem negativen Eindruck von Chemie im Unterricht der Schule entgegenzuwirken und aufzuzeigen, dass „Natur“ und „Chemie“ kein Gegensatzpaar darstellen, sondern Natur zum Beispiel Forschungs- und Lerngegenstand von Chemie und Chemieunterricht sein kann. Anhand originärer Phänomene können Grundlagen der Chemie in der Natur entdeckt und erforscht werden. Durch das Aufzeigen chemischer Zusammenhänge in der Natur rückt die Chemie ebenfalls in die Alltagsnähe der Schüler/innen.

Neben einem ersten Verständnis von Chemie kann durch die Verbindung von Chemie und Natur auch ein Grundstein für ein Nachhaltigkeitsdenken bereits im Grundschulalter gelegt werden.

Für die Ausbildung einer ökologischen Weltsicht und damit einem Bewusstsein für Nachhaltigkeit und nachhaltiges Handeln sind neben kognitivem Wissen auch positive

Naturerfahrung und mit ihr verbundene Emotionen bedeutsam (vgl. Chawla, 2006; Roczen, 2011). Sachunterricht bietet hier wie kaum ein anderes Fach die Möglichkeit zu einem Unterricht in freier Natur oder zumindest außerhalb des Klassenraumes:

„Der Sachunterricht aber muss – nicht immer, aber immer wieder – Fenster und Türen öffnen, denn er hat es mit dem Leben selbst zu tun. Er braucht den nach draußen drängenden, neugierigen Blick, braucht Anschauung und Tätigkeit, Erlebnis und Erfahrung, Wetter und Jahreszeiten; nur so findet er zu seinen Sachen und zu einem ihnen gemäßen Lehren und Lernen.“ (Schüler, 1999)

Durch Verbindung weiterer, sozialer Kontexte mit dem Gelernten kann das in der Natur oder außerhalb des Klassenraumes erlangte Wissen zudem zusätzlich anders vernetzt und somit länger erinnert werden (Falk & Dierking, 1997).

Beispiele für einen Unterricht in freier Natur sind die auf den norwegischen Lehrer Jan C. Rosenlund zurückgehende skandinavische Uteskole (Draußenschule) und das Freilandlabor FLEX der Chemiedidaktik der Universität Siegen. Die Uteskole ist ein vor allem in den skandinavischen Ländern Norwegen, Schweden und Dänemark verbreitetes Lern- und Bildungskonzept für einen Unterricht in freier Natur. Die Natur selbst gibt hier die Themen des „Unterrichts“ vor und bietet vielfältige Möglichkeiten für eigene Entdeckungen (vgl. Witte & Gräfe, 2010).

Das Freilandlabor FLEX bietet die Möglichkeit, viele erlebbare Phänomene wahrzunehmen und unter verschiedenen naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten zu betrachten, z.B. Lehm oder chemische Prozesse beim Färben. Durch die authentische, naturnahe Lernumgebung und dem damit verbundenen Lernen in der Natur und nicht nur über die Natur kann auch der zunehmenden Entfremdung von der Natur entgegengewirkt werden.

Literatur

- Altenburger, P. (2011). Welchen Anteil haben physikalische Themen am Sachunterricht in Klasse 3 und 4? In: D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. Münster: Lit-Verlag, 232-234
- Chawla, L. (2006). Learning to love the natural world enough to protect it. *Barn*, 2, 57-78
- Falk, J. H. & Dierking, L. D. (1997). School Field Trips: Assessing Their Long-Term Impact. *Curator: The Museum Journal*, 40 (3), 211-218
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2008). Lehrplan Sachunterricht für die Grundschulen des Landes Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter: http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_gs/GS_LP_SU.pdf
- Risch, B. & Lück, G. (2004). Stiefkinder des Sachunterrichts. Lehrplananalyse des naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichts. *Grundschule*, 10, 63-66
- Roczen, N. (2011). Environmental competence: The interplay between connection with nature and environmental knowledge in promoting ecological behavior. *Universitäts-Dissertation der technischen Universität Eindhoven*. Eindhoven
- Schüler, H. (1999). Umwelterziehung als Draußentage. In: H. Baier, H. Gärtner, B. Marquardt-Mau & H. Schreier (Hrsg.), *Umwelt, Mitwelt, Lebenswelt im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 129-140
- Scharf, V. & Werth, S. (1989). Einstellungen und Chemieunterricht - Was bleibt eigentlich? *chimica didactica*, 15, 55-70
- Scharf, V. & Werth, S. (1991). Studien zum komplexen Beziehungsgefüge "Mensch" - "Chemie" - "Natur": "Chemie" und "Natur" ein Antagonismus auch für Chemiestudenten? *chimica didactica*, 17 (1), 68-82
- Witte, M.D. & Gräfe, R. (2010). Die skandinavische "Draußenschule". *Schulbildung jenseits des Klassenzimmers*. *Erleben und lernen*, 4, 20-23

Entstehung von Gerichtetheit bei Kindern in schwierigen Lebenslagen innerhalb einer naturwissenschaftlichen Lernumgebung: eine Fallstudie

Der Begriff Gerichtetheit

Durch die Frage der Entstehung von Gerichtetheit sollen Bildungsprozesse in einem ganzheitlichen Zusammenhang beschrieben werden. Dabei ist wichtig, die Bezüge des Kindes zu sich, zur Welt und zu den anderen Mitmenschen zu beobachten, zu beschreiben und zu verstehen. Der theoretische Rahmen dieser Forschungsarbeit wird deswegen mithilfe der Grundgedanken der Philosophie der Lebenskunst, der Pädagogik für Kinder in schwierigen Lebenslagen, der künstlerischen bzw. ästhetischen Bildung und mit ausgewählten Ergebnissen der Fachdidaktik der Physik bearbeitet. Gerichtetheit soll in dieser Arbeit als Fähigkeit des Selbst zur Entdeckung und Gestaltung eigener Lernwege verstanden werden. Diese Fähigkeit soll gleichzeitig die Grundlage eines selbstständigen Experimentierens bilden und dadurch autonome (sinnvolle) Gestaltungsprozesse ermöglichen, aus denen Bezüge des Kindes zu sich, zur Welt und zu den anderen Mitmenschen mittels Denken, Fühlen und Handeln entstehen können. Der Sinn einer Handlung, die die Richtung bestimmter Gestaltungsprozesse ermöglicht, wird, im Sinne der Entstehung von Gerichtetheit, im künstlerischen und ästhetischen Sinne verstanden (Kunst als Gestaltungsprozess und Ästhetik als Gestaltung einer individuellen schönen Form).

Theoretischer Rahmen

Die Philosophie der Lebenskunst

Sie ist die von Wilhelm Schmid entwickelte Ästhetik der Existenz. Sie bedenkt die künstlerischen und ästhetischen Bedingungen der Entfaltung des Selbst und versucht, sie zu beschreiben und zu fördern. Gerichtetheit sollte dann entstehen, wenn der Mensch bewusst den Sinn und den Raum seiner individuellen Tätigkeit bestimmen kann. Das geschieht, wenn das Selbst erst einen eigenen „Sinn des Lebens“ gefunden hat und verwirklichen kann (vgl. Schmid, 1998, 2003). Dies soll auf Kinder in schwierigen Lebenslagen bezogen werden.

Kinder in schwierigen Lebenslagen

Der Begriff „Lebenslage“ ist relativ neu und noch nicht völlig systematisiert worden. Trotzdem wurde im Laufe der Zeit mit Problemen von Kindern in schwierigen Lebenslagen in der Schule unterschiedlich umgegangen (vgl. Götz, 2004).

Der Deutschen Caritas Verband bietet eine Definition von Lebenslage, die teilweise für die Bildung des Begriffes „Gerichtetheit“ verwendet werden darf. Dabei werden Elemente wie „zerbrochene Verhältnisse“, „fehlende Zugänge“, „Abhängigkeit“ (in Form von „Sucht“) und „Perspektivlosigkeit“ (als Sinnlosigkeit des Lebens) sehr berücksichtigt (vgl. Deutscher Caritasverband e.V., 2008).

Fachdidaktik der Physik - konstruktivistische Ansätze

Die Verwirklichung einer subjektorientierten Didaktik im Sinne der Entstehung von Gerichtetheit wird im Bereich der Physik von Aufschnaiter & Welzel (1996) exemplarisch vertreten, indem sie Lernprozesse individuell, situativ und kontextspezifisch verstehen. Solche Gedanken werden auch zurzeit im Bereich der Straßenkinderpädagogik weiter entwickelt (vgl. Welzel & Breuer, 2006) und für diese Arbeit genutzt.

Künstlerische und ästhetische Bildung

In Verbindung mit der Philosophie der Lebenskunst versucht die künstlerische Bildung, die „Fähigkeit zur Bestimmung und Formulierung einer eigenen Position in einer reflektierten und phantasievollen Auseinandersetzung mit den unterschiedlichen Aspekten einer Sache“ (Buschkühle, 2003, S. 27) zu fördern. Eine exemplarische Darstellung der forschenden Fähigkeiten, die ein Kind durch das Erleben und Gestalten künstlerischer Prozesse erlangen kann, findet man bei Heyl (2008).

Fragestellung dieser Studie und Datenerhebung

Die Art der persönlichen Schwierigkeiten, die Kinder und Jugendliche in schwierigen Lebenslagen tragen müssen, weist darauf hin, dass jedes Problem in diesem Bereich je nach Kind oder Jugendlichen sehr unterschiedlich zu betrachten ist (vgl. Ahrbeck & Rauh, 2006). Darauf bezieht sich die Idee einer *subjektorientierten Didaktik*.

Obwohl im Sinne der Gestaltung einer subjektorientierten Didaktik viel erforscht und entwickelt wurde, muss noch viel getan werden. Die Verwirklichung einer solchen Didaktik wird dort ermöglicht, wo die Lebenswelt bzw. die Biografie der Kinder die Grundlage der Gestaltung von Lernumgebungen bildet (vgl. Welzel & Breuer, 2006; Götz-Hege, 2000). Dabei bleibt eine qualitative Überprüfung bzw. Auswertung der dreifachen Art des Bezugs des Kindes zu seiner Lernumgebung noch offen: Zum (Lern)Gegenstand (Bezug zur Welt), zu sich als Ursprung seiner Gedanken, Erlebnisse und Handlungen und zu den anderen Mitmenschen.

Die Rolle, die dabei Vorstellungen bzw. Gedanken, Gefühle und Handlungen haben können, wird im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens teilweise von Aufschnaiter (2006) berücksichtigt. Ein tieferes Verständnis muss jedoch bearbeitet werden, um didaktische Bedingungen ganzheitlicher Bildungsprozesse im Sinne der Entstehung von Gerichtetheit untersuchen, beschreiben und verstehen zu können. Denn es soll herausgefunden werden, ob Gerichtetheit unter bestimmten didaktisch-ästhetischen Maßnahmen bzw. Bedingungen im Kontext des naturwissenschaftlichen Lernens im Bereich der Pädagogik bei Kindern in schwierigen Lebenslagen entstehen kann oder nicht.

Um herauszufinden, ob Gerichtetheit innerhalb einer naturwissenschaftlichen Lernumgebung entstehen kann oder nicht, wurde eine Unterrichtseinheit über das Thema Optik am Institut für Heilpädagogik und Erziehungshilfe Schlierbach e.V. zwischen dem 21.06.2012 und 08.07.2012 realisiert. Die Arbeit wurde in Form eines subjektorientierten Kleingruppenunterrichts (drei Kinder in schwierigen Lebenslagen) gestaltet. Die Daten (für die individuelle Handlungsbeobachtung) wurden per Video-, Audio- und Fotodokumentation erhoben. Aus dieser Arbeit sind etwa 12 Stunden von Video und Tonaufnahme entstanden, die zunächst in Form von Videobeobachtungsprotokollen bearbeitet werden. Damit sollte die Fragestellung dieser Arbeit teilweise beantwortet werden können. Gleichzeitig werden Kriterien für die Auswahl zukünftiger Videoabschnitte gewonnen, um die Fälle später rekonstruieren bzw. vertiefen zu können.

Datenauswertung: konkrete Forschungsfragen

Im Sinne der Entstehung von Gerichtetheit soll zunächst untersucht werden, ob während des Unterrichtsangebotes tatsächlich Bezüge des Kindes zu sich, zur Welt und zu den anderen Menschen zu beobachten und zu beschreiben sind. Zweitens werden die Vorstellungen, Erlebnisse (Gefühle) und Handlungen untersucht, die bei der Entstehung der Bezüge zu beobachten und zu beschreiben sind. Letztens soll der Sinn der Handlungen der Kinder innerhalb Gestaltungsprozesse untersucht werden.

Um Bezüge feststellen zu können, werden die beobachtbaren Handlungen der Kinder sowie die Richtung dieser Handlungen qualitativ und quantitativ beobachtet und beschrieben. Die Äußerungen, die im Rahmen der Entstehung der Bezüge auftreten, und die diese Bezüge qualitativ in Form von Vorstellungen, Erlebnissen und Handlungen bewerten oder begründen, werden später analysiert. Letztens werden die Äußerungen der Kinder in Bezug zu Sinn und Resultat ihrer Handlungen beobachtet und beschrieben: das Wie, das Warum und das Wozu der Arbeit.

Fazit und Ausblick

Die Frage der Entstehung von Gerichtetheit bei Kindern in schwierigen Lebenslagen soll als Vertiefung der Idee einer subjektorientierten Didaktik verstanden und im Rahmen ganzheitlicher Bildungsprozesse situiert werden. Eine Datenerhebung in Bezug auf das Thema Optik wurde am Institut für Heilpädagogik und Erziehungshilfe Schlierbach e.V. durchgeführt und wird momentan in Form von Videobeobachtungsprotokollen ausgewertet. In weiteren Analysen soll untersucht werden, wie die vermuteten Prozesse der Entstehung von Gerichtetheit im Detail verlaufen und wodurch sie ausgelöst werden. Dabei werden Bezüge zur individuellen Biografie der Kinder hergestellt. Die Hauptkriterien, für die Auswahl der Transkriptionsabschnitte werden durch die Interpretation des Videobeobachtungsprotokolls gewonnen.

Literatur

- Ahrbeck, B. & Rauh, B. (2006) (Hrsg.). Der Fall des schwierigen Kindes. Therapie, Diagnostik und schulische Förderung verhaltensgestörter Kinder und Jugendlicher. Weinheim, Basel
- Aufschnaiter, S. & Welzel M. (1996). Schülervorstellungen und Lernen. In: R. Duit & J. Mayer (Hrsg.), Studien zur naturwissenschaftsdidaktischen Lern- und Interessenforschung. 29-43
- Buschkühle, C. (2003). Konturen künstlerischer Bildung – Zur Einleitung. In C.-P. Buschkühle (Hrsg.), Perspektiven künstlerischer Bildung. Köln, 19-44
- Deutscher Caritasverband e.V. (2008). Soziale Arbeit mit Kindern und Jugendlichen in schwierigen Lebenslagen. Freiburg
- Götz, M. (2004). Zum Umgang mit auffälligen Kindern in der Grundschule. In M. Götz (Hrsg.), Auffällige Kinder in der Grundschule. Donauwörth, 12-21
- Götz-Hege, J. (2000). Zur Wiederentdeckung des Subjekts in der Pädagogik. Frankfurt am Main
- Heyl, T. (2008). Phantasie und Forschergeist. Mit Kindern künstlerische Wege entdecken. München
- Hillenbrand, C. (2011). Didaktik bei Unterrichts- und Verhaltensstörungen. München
- Schmid, W. (1998). Philosophie der Lebenskunst. Eine Grundlegung. Frankfurt am Main
- Schmid, W. (2003). Schule der Lebenskunst. In C.-P. Buschkühle (Hrsg.), Perspektiven künstlerischer Bildung. Köln: 47-58
- Stojanov, K. (2006). Bildung und Anerkennung. Soziale Voraussetzungen von Selbst-Entwicklung und Welt-Erschließung. Wiesbaden
- Welzel, M. & Breuer, E. (2006). Physik für Straßenkinder – ein Internationales Projekt mit wissenschaftlicher Begleitung. MNU, 59 (2), 80-85

Individuelle Förderung - Durch individuell zugeordnete Aufgaben und formatives Assessment

Ausgangslage

Individuelle Förderung gehört nach Helmke (2003) zu den Merkmalen hoher Unterrichtsqualität und sollte nach politischer Forderung bereits zum festen Bestandteil des heutigen Unterrichts gehören. Insgesamt ist individuelle Förderung in 14 von 16 Bundesländern entweder im Schulgesetz oder in entsprechenden Erlässen verankert. Dabei nimmt Nordrhein-Westfalen, das jedem Schüler/ jeder Schülerin im ersten Paragraphen des Schulgesetzes das Recht auf individuelle Förderung zuspricht, eine Vorreiterrolle ein. Außerdem werden in diesem Bundesland Schulen in regelmäßigen Abständen mit dem „Gütesiegel individuelle Förderung“ ausgezeichnet. Um eine solche Auszeichnung zu erhalten, müssen sich die Schulen mit ihrem Programm zur individuellen Förderung, das sowohl im Schulprogramm verankert sein als auch im Schulalltag gelebt werden muss, bewerben. Diese Programme zur individuellen Förderung müssen allerdings keine wissenschaftliche Grundlage haben oder entsprechend evaluiert sein. Bis Oktober 2012 wurden 439 Schulen aller Schulformen mit dem Gütesiegel ausgezeichnet und sollen den anderen Schulen als Vorbild dienen.

Anders als es aufgrund der politischen Forderung nach individueller Förderung und der Bemühungen, diese im Schulalltag zu verankern, zu vermuten wäre, gibt es bis heute kaum wissenschaftliche Ergebnisse zum Thema „Individuelle Förderung“. Aus den wenigen Studien, die bis heute durchgeführt wurden, ergibt sich auch kein einheitliches Bild dazu, welche Effekte individuelle Förderung auf den Schulalltag hat. So konnte zum Beispiel ein effektiverer Lernzuwachs durch individuelle Förderung bei Schülern und Schülerinnen noch nicht nachgewiesen werden (vgl. Kunze, 2009). Bis heute gibt es auch weder eine einheitliche Definition des Begriffs „individuelle Förderung“, weshalb individuelle Förderung in den bisher stattgefundenen Studien unterschiedlich konzeptualisiert wurde, noch gibt es genügend wissenschaftlich evaluierte Lehrmaterialien, die die Lehrkräften bei einer individuellen Förderung der einzelnen Schüler und Schülerinnen unterstützen würden.

In einer Studie zur Position von Lehrern und Lehrerinnen zur individuellen Förderung von Solzbacher (2012) ist gezeigt worden, dass alle Lehrkräfte eine individuelle Förderung der einzelnen Schüler und Schülerinnen als sehr wichtig empfinden. Allerdings haben 70% der Lehrkräfte gleichzeitig angegeben, dass sie auch negative Faktoren, insbesondere den erhöhten Arbeitsaufwand, mit individueller Förderung verbinden. Sogar 90% aller befragten Lehrkräfte gehen davon aus, dass eine individuelle Förderung aufgrund der Rahmenbedingungen (z.B. Klassengröße, fehlendes Lehrmaterial) unmöglich ist.

Aufbau des Webprogramms

Um Schüler und Schülerinnen im Fach Chemie zukünftig bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben individuell fördern zu können, wurde ein Webprogramm entwickelt. Dieses Webprogramm besteht maßgeblich aus zwei Komponenten: Im Schwierigkeitsgrad differierende, individuell zugeordnete Lernaufgaben und einem computerbasierten Rückmeldebogen im Sinne eines formativen Assessments. Beide Komponenten werden so miteinander verknüpft, dass das Webprogramm die Schüler und Schülerinnen nach dem Förderzyklus von Buholzer (2003) fördert. Demnach muss jede Förderung mit einer Standortsbestimmung beginnen, das somit erhaltene Ergebnis bei der Förderung der einzelnen Schüler und Schülerinnen berücksichtigt und anschließend eine Evaluation durchgeführt werden. Wenn

mehrere Fördereinheiten hintereinander durchgeführt werden, können ab der zweiten Förderung die Standortbestimmung und die Evaluation als eine Einheit gesehen werden.

Im Webprogramm werden die Standortbestimmung und die Evaluation immer als eine Einheit, die durch den Einsatz eines formativen Assessments umgesetzt wird, gesehen. Lediglich die erste Standortbestimmung erfolgt durch einen vom Computer ausgewerteten Single-Choice-Test, der das Vorwissen der einzelnen Schüler und Schülerinnen erhebt. Für die anschließenden formativen Assessments wertet der Computer alle Antworten, die ein Schüler/ eine Schülerin eingibt, aus und gibt das Ergebnis in einem Rückmeldebogen aus. Der Rückmeldebogen, der den Schülern und Schülerinnen ihren genauen Leistungsstand angeben soll, besteht aus vier Teilen. Im ersten Teil wird dem Schüler/ der Schülerin noch einmal vor Augen geführt, wie viele der gestellten Aufgaben von ihm/ ihr richtig beantwortet wurden und wie viel Zeit er/ sie für die Lösung benötigt hat. Im zweiten Teil werden die Leistungen noch einmal genauer aufgeschlüsselt. Dazu wurden die einzelnen Aufgaben verschiedenen Sachaspekten, die den Inhaltsfeldern des Kernlehrplans Nordrhein-Westfalens entsprechen, zugeordnet. Abhängig davon, wie viele Aufgaben eines Sachaspektes ein Schüler/ eine Schülerin prozentual richtig beantwortet, wird dann angegeben, welche Stufe jeweils erreicht wurde. Schüler und Schülerinnen, die nur die Stufe I erreichen, gelingt es nicht, mindestens 50% der Aufgaben zu diesem Sachaspekt richtig zu beantworten. Um Stufe V zu erreichen, müssen mehr als 90% der Aufgaben richtig gelöst werden. Im dritten Bereich des Rückmeldebogens kann die Lehrkraft einen persönlichen Kommentar einfügen. Hier können z.B. die Ergebnisse der im Webprogramm bearbeiteten Aufgaben mit der Beteiligung im Unterricht verglichen werden. Der letzte Bereich des Rückmeldebogens fasst die Ergebnisse noch einmal für den Schüler/ die Schülerin zusammen.

Die Förderung der einzelnen Schüler und Schülerinnen wird im Webprogramm über Aufgaben, die an das jeweilige Leistungsniveau angepasst werden, verwirklicht. Dazu stehen zu jedem inhaltlichen Schwerpunkt drei Aufgaben verschiedener Schwierigkeit zur Verfügung. Die jeweilige Aufgabenschwierigkeit wird aufgrund der Ergebnisse im formativen Assessment zugewiesen. Neben der Aufgabenschwierigkeit können den Schülern und Schülerinnen zusätzlich Hilfestellungen freigeschaltet werden. Inhaltlich bestimmt jeweils die Lehrkraft, welche Aufgaben von den Schülern und Schülerinnen bearbeitet werden soll. Dazu muss diese die einzelnen Aufgaben für die Schüler und Schülerinnen freischalten und kann sie so an den jeweiligen Unterrichtsstoff anpassen.

Hypothesen und Forschungsfragen

Mithilfe des Webprogramms zur individuellen Förderung soll herausgefunden werden, ob eine individuelle Förderung durch an das jeweilige Leistungsniveau angepasste Aufgaben und ein formatives Assessment bei Schülern und Schülerinnen zur einer Leistungs- und Motivationssteigerung führt.

Es sollen folgende Hypothesen evaluiert werden:

- Individuell zugeordnete Aufgaben steigern bei Schülern und Schülerinnen die Motivation.
- Formatives Assessment führt bei Schülern und Schülerinnen zur Leistungssteigerung.
- Individuelle Förderung durch individuell zugeordnete Aufgaben und ein formatives Assessment steigert die Motivation und Leistung der Schüler und Schülerinnen.

Außerdem soll erhoben werden, ob Lehrkräfte die zusätzliche zeitliche Belastung, die durch diese Art der individuellen Förderung entsteht, als sinnvoll empfinden und ihnen hilft, die Leistungen ihrer Schüler und Schülerinnen durch das formative Assessment besser einschätzen zu können.

Design der Studie

Um die Hypothesen zu überprüfen wird das Webprogramm im Schuljahr 2012/2013 in einer Interventionsstudie eingesetzt.

Dazu wird das Webprogramm von 20 Klassen verschiedener Gymnasien Nordrhein-Westfalens parallel zum Unterricht verwendet. Während die jeweilige Lehrkraft den Unterricht zu den Inhaltsfeldern „Ionenbildung und Bindung“ sowie „Freiwillige und erzwungene Ionenbildung“ frei gestalten kann und so wie gewohnt unterrichtet, werden die Schüler und Schülerinnen als Hausaufgaben die Aufgaben im Webprogramm bearbeiten.

Um die Wirksamkeit der beiden Teile des Webprogramms, die individuell zugeordneten Aufgaben und das formative Assessment, zu evaluieren, werden die Schülerinnen und Schüler der teilnehmenden Klassen jeweils zufällig in vier Gruppen eingeteilt. Schüler und Schülerinnen der ersten Gruppe bekommen während der Intervention 22 Standardaufgaben vom Computer angezeigt. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen der zweiten Gruppe bekommen 22 individuell zugeordnete Aufgaben vom Computer gestellt. Die Auswahl der Aufgabenschwierigkeit sowie der Hilfestellungen trifft jeweils die unterrichtende Lehrkraft für die einzelnen Schüler und Schülerinnen. In der dritten Gruppe, werden genau wie in Gruppe eins den Schülern und Schülerinnen 22 standardisierte Aufgaben angezeigt. Die Schüler dieser Gruppe nehmen allerdings am formativen Assessment teil, ihre Antworten werden vom Computer ausgewertet und in Form von Rückmeldebögen angezeigt. Für Schüler und Schülerinnen der vierten Gruppe werden die individuellen Aufgaben und das formative Assessment kombiniert. Sie erhalten also während der Intervention 22 individualisierte Aufgaben und der Computer wertet die gegebenen Antworten aus. In dieser Gruppe werden die Aufgabenschwierigkeit sowie die zugeschalteten Hilfestellungen jeweils vom Computer bestimmt, können aber weiterhin vom Lehrer überschrieben werden.

Die Interventionsstudie verläuft in vier Blöcken, die jeweils aus sechs bzw. vier Aufgaben bestehen. Auf die Bearbeitung der Aufgaben eines Blocks folgt jeweils ein formatives Assessment, indem vom Computer die bearbeiteten Aufgaben ausgewertet werden. Die Schüler und Schülerinnen erhalten dann im Anschluss an jeden Block einen Rückmeldebogen, dem sie ihre Ergebnisse entnehmen können.

Um den Leistungszuwachs der Schüler und Schülerinnen zu messen, werden ein Prä- und ein Posttest eingesetzt. Um die Motivation zu erfassen werden sowohl die Schüler und Schülerinnen als auch die Lehrkräfte in regelmäßigen Abständen befragt.

Ausblick:

Ziel dieser Studie ist es eine neue Lehrmethode zur individuellen Förderung für das Fach Chemie zu entwickeln und zu evaluieren. Das Webprogramm kann auch auf andere Inhaltsfelder ausgeweitet und im Regelunterricht eingesetzt werden.

Literatur

- Buholzer, A. (2003). Förderdiagnostisches Sehen, Denken und Handeln. Grundlagen, Erfassungsmodell und Hilfsmittel. Aarau: Bildung Sauerländer
- Helmke, A. (2003). Unterrichtsqualität. Seelze: Kallmeyer
- Kunze, I. (2012). Individuelle Förderung in der Sekundarstufe I und II. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren
- Solzbacher, C. (2012). Jedem Kind gerecht werden? Köln: Link

Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen

Die Diskussion um die Notwendigkeit der individuellen Förderung wurde schon zu Zeiten der Reformpädagogik geführt. Aktuell gewinnt sie durch die konkrete Verankerung der individuellen Förderung im Schulgesetz der meisten Bundesländer an Bedeutung (vgl. auch SchulG-NRW, 2005). Diese Forderung auf bildungspolitischer Ebene stellt die Lehrkräfte vor die Aufgabe, der Diversität der Bedürfnisse der Lernenden gerecht zu werden. Derzeit sind sowohl Materialien für die Diagnostik als auch individuelle Fördermaßnahmen im Chemieunterricht kaum vorhanden (Artelt & Gräsel, 2009). Im Rahmen des hier vorgestellten Projektes wird der Einsatz eines Selbsteinschätzungsbogens als Instrument zur individuellen Förderung vor dem theoretischen Hintergrund des selbstregulierten Lernens evaluiert.

Theoretischer Hintergrund

Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen

Individuell zu fördern bedeutet, an geeigneten Zeitpunkten des Lernprozesses den Förderbedarf jeder einzelnen Schülerin und jedes einzelnen Schülers zu diagnostizieren und mit passgenauen, individuell zugeschnittenen Maßnahmen und Programmen auf die Diagnose zu reagieren. Die zunehmende Heterogenität der Schülerschaft (Probst, 2006) erschwert diese Aufgabe der Lehrkräfte ebenso, wie hohe Schülerzahlen je Klasse. Eine praktikable Umsetzung kann hier durch Konzepte erreicht werden, die die Eigenaktivität der Lernenden fördern und fordern. Ein Ansatz ist das Konzept des selbstregulierten Lernens. Es sieht vor, dass die Schülerinnen und Schüler ihren eigenen Lernprozess reflektieren und gestalten, indem sie Fähigkeiten zur Diagnostik, Bewertung und Organisation des eigenen Lernens ausbilden und nutzen können. Sie werden zu aktiven Gestaltern des eigenen Lernprozesses, da sie ihren aktuellen Leistungsstand (Ist-Zustand) mit vorgegebenen Lernzielen (Soll-Zustand) abgleichen und im Falle einer Diskrepanz ihr weiteres Vorgehen planen, Lernstrategien anwenden und den Lernfortschritt überwachen (Leutner & Leopold, 2003). Im Sinne des zyklischen Modells des selbstregulierten Lernens nach Zimmerman (2000) vollzieht sich die Selbstregulation in drei Phasen: der Vorbereitungs-, der Handlungs- und der Reflexionsphase. Mithilfe des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen können Aspekte der individuellen Förderung und des selbstregulierten Lernens miteinander verknüpft werden: Schülerinnen und Schüler schätzen ihre Leistungen anhand vorgegebener Kompetenzen ein und übernehmen so mehr Verantwortung für den eigenen Lernprozess (Krumm, Zimmerer & Kremer, 2008). Aufgrund der eigenständigen Diagnose dokumentieren die Lernenden ihre Fähigkeiten und ermitteln gezielt Kompetenzen, die weitere Fördermaßnahmen erfordern. Im Laufe des Übungsprozesses werden Lernerfolge auf dem Selbsteinschätzungsbogen verzeichnet. Darüber hinaus dient der Einsatz des Selbsteinschätzungsbogens der Strukturierung der Lernziele der Unterrichtseinheit und des dazugehörigen Aufgabenmaterials.

Zentrale Fragestellungen

Führt der Einsatz des Selbsteinschätzungsbogens in einer Fördereinheit im Vergleich zu einer bezüglich Lernzeit und Inhalten identischen Übungsphase zu

- einem höheren Fachwissenszuwachs?
- einer positiveren Einstellung der Lernenden bezüglich der Unterrichtseinheit?

Des Weiteren wird untersucht,

- welchen Einfluss ein zusätzlich durchgeführtes Strategietraining ausübt.
- ob die Genauigkeit der Selbsteinschätzung der Lernenden einen Einfluss auf den Lernzuwachs hat.

Materialien und Instrumente

Die Fördereinheiten

Es wurden zwei thematisch aufeinander aufbauende Fördereinheiten für Gymnasialklassen der Jahrgangsstufe 7 zum Basiskonzept ‚Chemische Reaktion‘ konzipiert und prepilottiert. Die Fördereinheiten sind so aufgebaut, dass sie nach einer Erarbeitung des Themas im Unterricht mit dem Ziel des Schließens von Wissenslücken eingesetzt werden. Das entwickelte Übungsmaterial besteht aus Aufgaben und Erklärungstexten sowie gestuften Hilfefkarten, die den Schülerinnen und Schülern ein autonomes Erarbeiten der Inhalte ermöglichen sollen. Durch eigenständige Korrekturen der Bearbeitungen mit Hilfe von Musterlösungen wird den Lernenden die Möglichkeit zur Selbstkontrolle gegeben. Den Charakter der individuellen Förderung erhalten die Einheiten durch den Einsatz der im Rahmen dieses Projektes entwickelten Selbsteinschätzungsbögen. Für die Durchführung einer Fördereinheit inklusive fünfzehnminütiger Instruktion im ersten Teil werden 135 Minuten (drei Unterrichtsstunden) benötigt.

Die Selbsteinschätzungsbögen

Die in der Intervention eingesetzten Selbsteinschätzungsbögen beinhalten jeweils neun Fachkompetenzen zum Basiskonzept ‚Chemische Reaktion‘, die tabellarisch aufgelistet sind. Positive Formulierungen wie „Ich kann...“ und „Ich weiß...“ werden aufgrund der Kompetenzorientierung, aber auch zur Motivation der Lernenden verwendet, die Einstufung der Leistung erfolgt auf einer vierstufigen Likert-Skala. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten eigenständig das Übungsmaterial und halten die Arbeitsschritte auf dem Selbsteinschätzungsbogen fest.

Das Strategietraining

Im Zuge der Prepilottierung des Materials konnte festgestellt werden, dass der Umgang mit dem Selbsteinschätzungsbogen im Sinne des selbstregulierten Lernens für Schülerinnen und Schüler nicht selbstverständlich war. Deshalb wurde ein zusätzliches 15-minütiges Strategietraining entwickelt, dessen Zielsetzung die Optimierung der Arbeitsweise mit dem Selbsteinschätzungsbogen ist.

Testinstrumente

Für die Erfassung des Fachwissens zum Basiskonzept ‚Chemische Reaktion‘ wurden zwei Multiple-Choice-Tests entwickelt, deren Items jeweils die Kompetenzen einer der beiden Fördereinheiten abdecken. Jeder Test umfasst 25 Items mit einer richtigen aus fünf möglichen Antworten. Für die Erfassung der kognitiven Fähigkeiten wird der Culture-Fair-Test 20 nach Weiß (1998) durchgeführt. Um den Einfluss des Selbstkonzeptes ermitteln zu können, werden die Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzeptes (SESSKO; Schöne, Dickhäuser, Spinath & Stiensmeier-Pelster, 2002) verwendet. Im Rahmen der Hauptuntersuchung bewerten die Schülerinnen und Schüler die Attraktivität der Übungsphase. Dieser Einschätzungstest umfasst 22 Items, wobei die Lernenden ihre Einschätzung auf einer fünfstufigen Likert-Skala verorten.

Die Prepilottierung

Untersuchungsdesign

Die erste Erprobung des Materials erfolgte in sechs 7. Klassen an vier Gymnasien ($N = 158$) im Pre-Interim-Post-Design. Zu Beginn wurde der Fachwissenstest (Pre-Test) zum ersten Themenblock zur Erfassung des Vorwissens durchgeführt. In Absprache mit den Lehrkräften fand dann zunächst über ca. vier Wochen (zehn Unterrichtsstunden) regulärer Unterricht statt, in welchem die fachlichen Kompetenzen berücksichtigt wurden, die auch in der ersten Fördereinheit thematisiert werden. Danach wurden der identische Fachwissenstest (Interim-Test) sowie der CF-Test und die SESSKO eingesetzt und in den darauffolgenden drei Unterrichtsstunden (jeweils 45 Minuten) die erste Fördereinheit durchgeführt. Nach deren Abschluss bearbeiteten die Lernenden erneut den bereits eingesetzten Fachwissenstest (Post-Test). Die Durchführung des zweiten Blocks erfolgte in fünf der sechs Klassen ($N = 129$) analog und direkt im Anschluss an den ersten Themenblock.

Auswertung

Die Auswertung der Multiple-Choice-Tests (Interim-Post) zeigte, dass beide Fördereinheiten dafür geeignet sind, die Fachkompetenzen zum Basiskonzept ‚Chemische Reaktion‘ erheblich zu verbessern: Direkt nach dem regulären Unterricht beantworteten die Schülerinnen und Schüler 57,6 % aller Items des ersten Themenblockes korrekt, nach der Fördereinheit konnte der Anteil richtiger Antworten auf 68,4 % erhöht werden ($p = .000$, $d = .66$, $N = 148$). Für den zweiten Themenblock zeigten sich ähnliche Ergebnisse: Hier konnte eine Steigerung von 66,1 % auf 73,4 % verzeichnet werden ($p = .000$, $d = .46$, $N = 120$). Von einer zufällig ausgewählten Teilstichprobe ($N = 56$) fand eine qualitative Analyse der bearbeiteten Materialien statt. Es zeigte sich unter anderem, dass die Bearbeitung während der zweiten Fördereinheit weniger gründlich stattfand. Des Weiteren gaben viele Lernende die Rückmeldung, über ihren Förderbedarf hinaus geübt zu haben.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ergebnisse der Prepilottierung zeigen, dass sich die Fördereinheiten zur Verbesserung der fachlichen Kompetenzen eignen. Außerdem lassen sich Hinweise darauf finden, dass eine Zusammenlegung der beiden Fördereinheiten ertragreich sein könnte. Daher werden für die weitere Untersuchung das bereits erprobte Material sowie die Fachwissenstests so zusammengefasst, dass nur eine einzige Fördereinheit erfolgt. Die Effektivität des Einsatzes des Selbsteinschätzungsbogens und des Strategietrainings wird in einem Parallelgruppendesign untersucht.

Literatur

- Artelt, C. & Gräsel, C. (2009). Gasteditorial: Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23 (3-4), 157-160
- Krumm, B., Zimmerer, E. & Kremer, M. (Hrsg.) (2008). Diagnostizieren und Fördern im Chemieunterricht. Broschüre der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Fachgruppe Chemieunterricht
- Leutner, D. & Leopold, C. (2003). Selbstreguliertes Lernen: Lehr-/lerntheoretische Grundlagen. In U. Witthaus, W. Wittwer & C. Espe (Hrsg.), *Selbstgesteuertes Lernen. Theoretische und praktische Zugänge*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag, 43-67
- Probst, H. (2006). Vorhersagen und Vorsorgen: Tests, die weiterführen. In G. Becker (Hrsg.), *Diagnostizieren und Fördern. Stärken entdecken – Können entwickeln*. Seelze: Friedrich, 94-97
- Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). *Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts*. Göttingen: Hogrefe
- Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (SchulG-NRW) vom 15. Februar 2005 (GV. NRW. S. 102) zuletzt geändert durch das Gesetz vom 05. April 2011 (GV. NRW. S. 205)
- Weiß, R. H. (1998). *Grundintelligenztest Skala 2 (CFT 20)*. Göttingen: Hogrefe
- Zimmerman, B. J. (2000). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into practice*, 41 (2), 64-70

Diagnose und individuelle Förderung im Chemieunterricht – Konzeption und Evaluation einer Fördereinheit

Einleitung

Häufig sind in den Leistungsvoraussetzungen und Kompetenzen der Lernenden große Unterschiede vorzufinden. Zudem beobachtet man eine zunehmend heterogene Schülerschaft in allen Schulformen. Daher sind seit einigen Jahren Forderungen nach individueller Förderung aller Lernenden unter Berücksichtigung individueller Interessen, Lernausgangslagen und Vorstellungen verbindlich in den Schulgesetzen (z. B. Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen, 2005) verankert. Unter individueller Förderung werden nach Trautmann & Wischer (2008) zunächst differenzierende Lernarrangements verstanden, bei denen durch den variablen Einsatz von Materialien die Lernwege der Einzelnen so gestaltet werden, dass eine möglichst optimale Passung zu deren individuellen Bedürfnissen und Vorwissen erreicht wird.

Theoretischer Hintergrund

Um die individuellen Vorkenntnisse von Schülerinnen und Schülern ermitteln zu können, bedarf es im Vorfeld der Erschließung eines neuen Themengebietes einer genauen Diagnose der vorhandenen Kenntnisse durch die Lehrkraft. Gerade in einem hierarchisch aufgebauten Unterrichtsfach wie Chemie sind das Überwinden von Fehlvorstellungen und das Schließen von Lücken für den weiteren Lernprozess besonders wichtig (vgl. Helmke, 2009). Eine fachlich fundierte Diagnose und darauf aufbauende individuelle Förderung einzelner Lerngruppen können als ein neuer Weg angesehen werden, den Kompetenzerwerb im Chemieunterricht zu optimieren. Es gilt, individuelle Interessen, Vorstellungen und Lernausgangslagen der Schülerinnen und Schüler stärker zu berücksichtigen und die gesammelten Erkenntnisse in die Gestaltung des Unterrichts mit einzubinden. Hinsichtlich der Effektivität individueller Förderung lassen sich in der Literatur allerdings nur wenige zuverlässige Ergebnisse finden, da sich häufig aufgrund der Komplexität des Themas und der sich daraus ergebenden empirischen Schwierigkeiten keine fundierten Aussagen über Effekte ziehen lassen. Die Studien belegen sowohl die Wirksamkeit und den hohen Nutzen einzelner Aspekte dieser pädagogischen Maßnahme (z. B. Aufgabenzuordnung nach Instructional Tailoring: Bode, 1996; vgl. auch Baumert & Roeder, 1986), ebenso zeigen sich jedoch Risiken und Grenzen verschiedener differenzierender Methoden (z. B. höherer organisatorischer Aufwand im Unterricht: Gruehn, 1999, größere Kluft zwischen leistungsstarken und -schwachen Schülerinnen und Schüler: Kunze, 2009).

Aktuell sind Materialien sowohl für die Diagnostik als auch für individuelle Fördermaßnahmen im Chemieunterricht bislang erst in Ansätzen (vgl. auch Krumm, Zimmerer & Kremer, 2008) vorhanden und dadurch kaum evaluiert.

Die Studie

Das Forschungsprojekt (gefördert von der Deutsche Telekom-Stiftung) setzt an einer elementaren Stelle zwischen Diagnose und Förderung an: der Verzahnung von Eingangsdagnostik und individueller Förderphase. Es wurde eine Einheit zur individuellen Förderung zum Basiskonzept ‚Chemische Reaktion‘ für neunte Klassen an Gymnasien (G8) bzw. zehnte Klassen an Gesamtschulen entwickelt, durch die nach der Behandlung des Themas sichergestellt werden kann, dass die Schülerinnen und Schüler über ein fundiertes Fachwissen zu diesem Basiskonzept (KMK, 2004) verfügen.

Zentrale Fragestellungen

Es wird in der Pilotierung zunächst den grundlegenden Fragen nachgegangen, ob der Gebrauch eines zuvor erhobenen Diagnoseergebnisses und zugeordnete Pflichtaufgaben in einer Förderereinheit, im Vergleich zu einer parallelen Materialbearbeitung ohne diese Diagnostik, zum einen zu einem höheren Fachwissenszuwachs, zum anderen zu einer positiveren Einstellung der Lernenden bezüglich der Unterrichtseinheit führt. Weiter wird erhoben, welchen Einfluss eine spezielle Unterstützung für Leistungsschwächere, ein so genanntes Lerncoaching (nach Eschmüller, 2008), ausübt und ob sich Zusammenhänge zwischen der Materialbearbeitung und/oder dem Verhalten während der Förderereinheit anhand der Unterschiede im Fachwissenszuwachs der einzelnen Schülerinnen und Schüler oder bestimmten Leistungsniveaus finden lassen.

Untersuchungsdesign

Bei der Untersuchung handelt es sich um eine Interventionsstudie im Kontrollgruppendesign mit parallelisierten Gruppen auf Grundlage von kognitiven Fähigkeiten, Vorwissen und der Chemienote (vgl. Blaes et al., 2012).

Als diagnostisches Instrument wird ein Multiple-Choice-Test als Pre- und Post-Fachtest eingesetzt. Die Ergebnisse dieser Diagnostik (Pre-Test) sind sowohl die Basis für die Erstellung eines individuellen Laufzettels für jeden Lernenden als auch Erhebungsinstrument der fachlichen Leistung. Dieser Laufzettel gibt Aufgabensets, das heißt Aufgaben aus dem zur Verfügung stehenden Arbeitsheft, vor, welche an die Defizite der Schülerinnen und Schüler anknüpfen. Im Anschluss wird zudem die Attraktivität des Lernsettings mit einem Einschätzungsfragebogen überprüft.

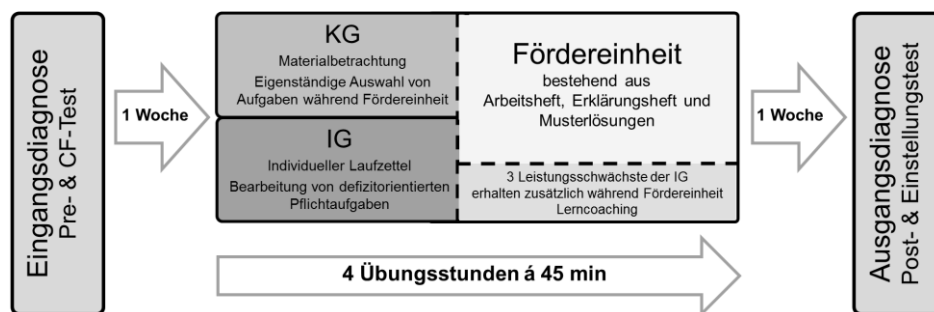


Abb. 1: Design

Die Intervention dauert vier Unterrichtsstunden, es werden zwei Gruppen realisiert, und zwar sowohl eine Kontrollgruppe (KG) als auch eine Interventionsgruppe (IG) innerhalb einer Klasse. In der IG wird den Lernenden ein Arbeitsheft, ein Erklärungsheft und ein individualisierter Laufzettel mit Pflichtaufgaben zur Verfügung gestellt. Zusätzlich erhalten die drei leistungsschwächsten Schülerinnen und Schüler über die Gesamtdauer der Intervention ein Lerncoaching, das heißt die Chemielehrkraft hilft den Lernenden im Beratungsprozess individuell bei Lern- und Verstehensprozessen und strukturiert zugleich den Lernweg. Die KG erhält ebenfalls alle Unterlagen, allerdings werden auf dem Laufzettel weder Vorgaben hinsichtlich Bearbeitungsempfehlungen von Aufgaben gegeben noch das Diagnoseergebnis mitgeteilt. Die Schülerinnen und Schüler der KG können frei aus dem Aufgabenpool wählen und eine eigene Bearbeitungsreihenfolge verfolgen. Insgesamt arbeiten die Schülerinnen und Schüler der beiden Gruppen somit an denselben Materialien.

Eingesetztes Material und Auswertungsinstrumente

Innerhalb der Fördereinheit bearbeiten die Lernenden Aufgaben aus einem Arbeitsheft, verwenden dabei Erklärungen und Hinweise aus einem Erklärungsheft und vergleichen ihre Bearbeitungen mit Musterlösungen. Die IG erhält zusätzlich einen Laufzettel mit Pflichtaufgaben, er stellt die visuelle Rückmeldung des Diagnoseergebnisses an die Lernenden dar und ist somit das Bindeglied zwischen Diagnostik und Förderphase. Diese tabellarische Übersicht repräsentiert die individuelle Komponente der gesamten Fördereinheit, da jedem Lernenden ein eigener Lernweg mit unterschiedlichen Schwerpunkten der Forderung und Förderung vorgeschlagen wird.

Die Auswertung erfolgt mit einem Verfahren der Daten- und Methodentriangulation (vgl. Flick, 2011). Dazu werden sowohl der Fachwissenszuwachs der Lernenden (Multiple-Choice-Test im Pre- und Post-Test-Format) betrachtet als auch die Bearbeitungen im Arbeitsheft qualitativ mit einer QDA-Software analysiert und mit den Daten der Videoanalyse (Videos während der Förderphase) verglichen.

Erste Ergebnisse

Quantitative sowie qualitative Auswertungen der Pilotierung belegen die Lernwirksamkeit der konzipierten Unterrichtseinheit (vgl. Blaes et al., 2012). Durchschnittlich erzielten die Schülerinnen und Schüler nach der Fördereinheit im Fachtest einen um etwa 15 Prozent höheren Score. Dies gilt unabhängig davon, ob vor der Fördereinheit eine Diagnose vorgeschaltet wurde. Somit scheint die vorgeschaltete Diagnose nicht der bedeutende Faktor positiver Resultate im Lernzuwachs zu sein. Auch die spezielle Unterstützung leistungsschwacher Lernender durch die Lehrkraft zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

Die Wirksamkeit einer überarbeiteten Fördereinheit, u. a. mit reduzierter Dauer und umgestaltetem Arbeitsmaterial, wird zukünftig weiter empirisch untersucht.

Literatur

- Baumert, J. & Roeder, P. M. (1986). Leistungsentwicklung und Ausgleich von Leistungsunterschieden in Gymnasialklassen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32 (5), 639-660
- Blaes, C., Anus S., Kallweit, I., Naeve, S. & Melle, I. (2012). Individuelle Förderung im Chemieunterricht. *MNU* 65 (05), 293-300
- Bode, R. K. (1996). Is it ability grouping or the tailoring of instruction that makes a difference in student achievement? Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. New York (ERIC Document Reproduction Service No. ED 400 268)
- Eschmüller, M. (2008). *Lerncoaching - Vom Wissensvermittler zum Lernbegleiter*. Mülheim an der Ruhr: Verlag an der Ruhr
- Gruehn, S. (1999). *Unterricht und schulisches Lernen. Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung*. Münster u.a.: Waxmann
- Helmke, A. (Hrsg.) (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze-Velber: Kallmeyer u. a.
- Krumm, B., Zimmerer, E. & Kremer, M. (Hrsg.) (2008). *Diagnostizieren und Fördern im Chemieunterricht*. Frankfurt am Main: Gesellschaft Deutscher Chemiker, Fachgruppe Chemieunterricht
- Kultusministerkonferenz (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*, München, Luchterhand
- Kunze, I. (2009). Begründungen und Problembereiche individueller Förderung in der Schule – Vorüberlegungen zu einer empirischen Untersuchung. In I. Kunze & C. Solzbacher (Hrsg.), *Individuelle Förderung in der Sekundarstufe I und II*. 2. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren, 13-25
- Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (SchulG NRW) vom 15. Februar 2005 (GV. NRW. S. 102) zuletzt geändert durch Gesetz vom 5. April 2011 (GV. NRW. S. 205)
- Trautmann, M. & Wischer, B. (2008). Das Konzept der Inneren Differenzierung – eine vergleichende Analyse der Diskussion der 1970er Jahre mit dem aktuellen Heterogenitätsdiskurs. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 9: Perspektiven der Didaktik*, 159-172

Curriculare Validität von Units zur Messung experimenteller Kompetenz

Einordnung in das Projekt „MeK-LSA“

In dem Projekt „MeK-LSA“¹ (Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments) soll ein in Large Scale Assessments einsetzbares Testinstrument entwickelt werden, das experimentelle Kompetenz reliabel und valide erfasst (Theyßen, Schecker, Neumann, Dickmann & Eickhorst, 2013).

Der Test soll aus Units bestehen, d.h. einem Aufgabenstamm mit sechs darauf bezogenen Items zur Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments. Der Aufgabenstamm umfasst eine experimentelle Aufgabenstellung und die zur Bearbeitung der Aufgabe notwendigen Fachinformationen.

Die Experimente für die Units sollen typische experimentelle Anforderungen für Schülerinnen und Schüler (Zielgruppe: 9. Klasse) repräsentieren und gleichzeitig ein möglichst breites Spektrum physikalischer Inhaltsfelder abdecken.

Umfangreiche Validierungsstudien sollen die Güte des Testinstrumentes sicherstellen. Hierzu gehört die Überprüfung der curricularen Validität der Units. Zur Identifikation von physikalischen Inhaltsbereichen und experimentellen Anforderungen, die eine möglichst umfassende curriculare Validität garantieren, erfolgen zunächst Lehrplan- und Schulbuchanalysen. Aufbauend auf diesen Analysen werden Vorschläge für experimentelle Aufgabenstellungen generiert. Deren curriculare Passung wird durch Expertenbefragungen (Lehrkräfte und Fachleiter bzw. Fachleiterinnen) weiter abgesichert. Der vorliegende Beitrag bezieht sich auf die Durchführung und die Ergebnisse der Lehrplan- und Schulbuchanalysen.

Datenbasis

Die Lehrplananalyse beschränkt sich auf Lehrpläne für das Unterrichtsfach Physik in der Sekundarstufe I. Aufgrund der Vielzahl der länder- und schulformspezifischen Lehrpläne wurden zunächst nur Lehrpläne für das Gymnasium analysiert. Um länderspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen, wurden ggf. zusätzlich Lehrpläne für das Unterrichtsfach „Naturwissenschaften“² sowie Primarstufenlehrpläne in die Analyse miteinbezogen. Eine Ausweitung der Lehrplananalysen auf weitere Schulformen ist bisher nicht systematisch bzw. nur stichprobenartig erfolgt.

Die Auswahl geeigneter Schulbücher für die Analyse unterliegt wegen der Vielfalt der Schulbuchausgaben noch stärkeren Einschränkungen als die Lehrplananalyse. In einem ersten Schritt wurden für die Untersuchung fünf Schulbuchreihen für das Unterrichtsfach Physik in der Sekundarstufe I ausgewählt. Der Schwerpunkt lag dabei auf Länderausgaben für das Gymnasium in Nordrhein-Westfalen. Nach Härtig (2010, S. 54) kommt es nur selten zur Überarbeitung einzelner Abschnitte bei unterschiedlichen Länderausgaben. Die größten Unterschiede finden sich demnach bei Länderausgaben aus Bayern, Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und einem beliebigen östlichen Bundesland. Daher wurde die Analyse in einem zweiten Schritt auf entsprechende Länderausgaben ausgeweitet, um die Repräsentativität der Schulbuchauswahl zu erhöhen.

¹ Das Projekt „MeK-LSA“ ist ein Verbundprojekt des IPN Kiel (K. Neumann) sowie der Universitäten Bremen (H. Schecker & B. Eickhorst) und Duisburg-Essen. Es wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

² Der Begriff „Naturwissenschaften“ ist hier als Sammelbegriff für länderspezifische Bezeichnungen zu verstehen.

Analyseverfahren

Das Analyseverfahren gliedert sich in zwei Phasen. In der ersten Phase wurden anhand der Lehrpläne und Schulbücher in einem induktiven Verfahren (Such-)Begriffe generiert. Aufgrund länderspezifischer Sprachregelungen und Schwerpunktsetzungen treten häufig verschiedene Begrifflichkeiten auf, die sehr ähnliche physikalische Größen bzw. Zusammenhänge beschreiben oder zu denen sehr ähnliche Experimente vorgeschlagen werden. Um eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Ländern zu gewährleisten, wurden solche Begriffe zu insgesamt 35 sogenannten *Begriffsklassen* zusammengefasst. Die Begriffsklasse *elektrischer Widerstand* umfasst beispielsweise die Begriffe 'elektrischer Widerstand', 'spezifischer Widerstand', 'Widerstandskennlinien', 'U-I-Kennlinie', 'Widerstandsgesetz' und 'Leitfähigkeit (Metalle/Drähte)'. Die Güte dieses Verfahrens wurde getrennt nach den Themengebieten Mechanik, Optik, Elektrizitätslehre und Wärmelehre überprüft. Für die Urteilerübereinstimmung ergaben sich zufriedenstellende Werte ($.78 < \kappa < .95$).

In der zweiten Phase folgte eine systematische, kriteriengeleitete Analyse der Lehrpläne und Schulbuchreihen. Dabei wurde sowohl in den Lehrplänen als auch in den Schulbuchreihen erfasst, ob a) die jeweilige Begriffsklasse generell vorhanden ist und ob sie b) im Zusammenhang mit Komponenten des Experimentierens (Planung, Durchführung oder Auswertung) vorkommt. Die Analyse der Lehrpläne differenzierte darüber hinaus, bis zu welcher Jahrgangsstufe die Begriffsklasse genannt wird und ob sie verbindlicher oder optionaler Bestandteil des Curriculums ist. In den Schulbuchreihen wurden die experimentellen Aufgabenstellungen, die sich den Begriffsklassen zuordnen lassen, ermittelt und vergleichend gegenübergestellt.

Exemplarische Analyseergebnisse

Häufigkeitstabellen für jede Begriffsklasse bilden den Ausgangspunkt zur deskriptiven Beschreibung der Ergebnisse der Lehrplananalyse (Tab. 1). Die vorletzte Zeile gibt darüber Aufschluss, in wie vielen Bundesländern Begriffe der jeweiligen Begriffsklasse generell genannt werden. In der letzten Zeile ist angegeben, in wie vielen Bundesländern dies im Zusammenhang mit Komponenten des Experimentierens der Fall ist. In beiden Zeilen wird nach der Verbindlichkeit und nach den Altersstufen differenziert. Die Altersstufen ergeben sich aus den Einteilungen der Lehrpläne. Die Angaben sind kumulativ: Die neun Bundesländer, in denen die Begriffsklasse *Kraft und Verformung* bis zum Ende der 9. bzw. 10. Jahrgangsstufe im Zusammenhang mit Komponenten des Experimentierens verbindlich vorkommt, umfassen auch das eine Bundesland, in dem das schon bis zum Ende der 6. Jahrgangsstufe der Fall ist. Die Tabelle zeigt, dass sowohl das Thema *Kraft und Verformung* als auch das Thema *elektrischer Widerstand* überwiegend für die Jahrgangsstufen 7 und 8 vorgesehen ist. Für die Testentwicklung sind aufgrund der Zielgruppe solche Begriffsklassen von Bedeutung, die bis zum Ende der 9. Jahrgangsstufe in den Lehrplänen vorgesehen sind.

BK Kraft und Verformung im Lehrplan							BK elektrischer Widerstand im Lehrplan						
	# Bundesländer generell			# Bundesländer verbindlich				# Bundesländer generell			# Bundesländer verbindlich		
Zeitpunkt (Ende)	≤6	≤8	≤9/10	≤6	≤8	≤9/10	Zeitpunkt (Ende)	≤6	≤8	≤9/10	≤6	≤8	≤9/10
BK im LP	1	15	16	1	14	15	BK im LP	0	13	15	0	13	15
BK im LP EXP	1	10	11	1	8	9	BK im LP EXP	0	8	9	0	7	8

Tab. 1: Exemplarische Ergebnisse der Lehrplananalyse für die Begriffsklassen [BK] „Kraft und Verformung“ & „elektrischer Widerstand“

Da viele Bundesländer die 9. und 10. Jahrgangsstufe als Doppeljahrgangsstufe im Lehrplan ausweisen, stehen für die Entwicklung experimenteller Aufgabenstellungen vor allem die Begriffsklassen im Fokus, die bis zum Ende der 8. Jahrgangsstufe in möglichst vielen

Bundesländern in den Lehrplänen verbindlich und (im Idealfall) konkret im Zusammenhang mit Komponenten des Experimentierens genannt werden.

Die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse zeigen exemplarisch, dass es durchaus möglich ist, Begriffsklassen zu identifizieren, die in der großen Mehrzahl der Bundesländer bis zum Ende der 8. Jahrgangsstufe in den Lehrplänen als verbindlich ausgewiesen werden. Neben *Kraft und Verformung* gehören u.a. die Begriffsklassen *Dichtebestimmung*, *gleichförmige Bewegung*, *Brechungsgesetz*, *Reflexionsgesetz* und *elektrischer Widerstand* in mindestens 75% der Bundesländer bis zum Ende der 8. Jahrgangsstufe zu den verbindlich zu thematisierenden Inhalten. Für die verbindliche Nennung der Begriffsklassen im Zusammenhang mit konkreten Komponenten des Experimentierens zeigt sich für die Lehrpläne der Bundesländer dagegen ein etwas uneinheitlicheres Bild (Tab. 1). Das ist darauf zurück zu führen, dass in einigen Ländern durch die Einführung von Kernlehrplänen (z.B. MSW NRW, 2008) so gut wie keine konkreten thematischen Angaben zu Experimenten gemacht, sondern übergreifende experimentelle Fähigkeiten benannt werden. Es bleibt hier weitgehend den Schulen bzw. Lehrkräften überlassen, an welchen Inhalten diese Kompetenzen zu fördern sind.

Die vergleichende Analyse der Schulbuchreihen liefert jedoch wieder eine hohe Übereinstimmung von experimentellen Aufgabenstellungen, die sich als „typisch“ klassifizieren lassen. Für die Begriffsklasse *Kraft und Verformung* findet sich z.B. die folgende „typische“ experimentelle Aufgabenstellung:

„Hänge an eine Schraubenfeder der Reihe nach Körper verschiedener Gewichtskraft und miss die Verlängerungen [...]. Wiederhole den Versuch mit einer zweiten Feder und mit einem Gummifaden.“ (Kuhn, 2008, S.108)

Die Lehrplan- und Schulbuchanalysen ermöglichen die Generierung von Ideen für experimentelle Aufgabenstellungen. Für ein erstes Unitbeispiel, dessen Aufgabenstellung aus den hier präsentierten Analysen abgeleitet wurde, sei auf Theyßen et al. (2013) verwiesen.

Fazit

Die bundesweite Lehrplananalyse bestätigt die zentrale Stellung von Experimenten im Physikunterricht. Im Einklang mit Analysen von Einhaus (2007) zur Wärmelehre lässt sich eine hohe Übereinstimmung bzgl. der im Verlauf der Sekundarstufe I zu thematisierenden Inhalte (hier: Begriffsklassen) nachweisen. Unterschiede ergeben sich lediglich hinsichtlich der Jahrgangsstufen, in denen der Inhalt vorgesehen ist. Außerdem treten Länderunterschiede in Bezug auf die (verbindliche) Nennung der Begriffsklassen im Zusammenhang mit konkreten Komponenten des Experimentierens auf. Eine vergleichende Gegenüberstellung der Experimente aus den analysierten Schulbuchreihen ermöglicht jedoch die Identifikation von „typischen“ experimentellen Aufgabenstellungen.

Es bleibt zu überprüfen, inwieweit sich diese „typischen“ Aufgabenstellungen mit den tatsächlich im Physikunterricht gestellten experimentellen Anforderungen decken. Daher werden die Ergebnisse in der Folge durch Expertenbefragungen weiter abgesichert.

Literatur

- Einhaus, E. (2007). Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre - Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen. Berlin: Logos
- Härtig, H. (2010). Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität von Tests. Berlin: Logos
- Kuhn, W. (Hrsg.). (2008). Kuhn Physik 1. Braunschweig: Westermann
- MSW NRW (Hrsg.). (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen: Physik [elektronische Version]. Ritterbach: Frechen
- Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Dickmann, M. & Eickhorst, B. (2013). Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. GDGP Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 570 - 572). Kiel: IPN.

Notwendige Mathematik in der Physik (Sek II)

Einleitung

Die Mathematik ist ein wesentliches Werkzeug beim Umgang mit der Physik, da diese mathematische Kenntnisse und Kompetenzen benötigt. Aus diesem Grund fordern unter anderem die EPA eine angemessene Berücksichtigung der Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II. Bisher gibt es aber noch keine empirischen Befunde darüber, welche mathematischen Inhalte und Kompetenzen im Detail im Physikunterricht benötigt bzw. bis zum Schulabschluss vermittelt werden. Eine erste grobe Auflistung der in der Schulmathematik vermittelten Inhalte durch die Konferenz der Fachbereiche Physik (2011) zeigt jedoch bereits große Passungsprobleme zwischen Schul- und Hochschulanforderung im Bereich Physik. Wie diese Differenzen allerdings im Detail aussehen, ist zurzeit ungeklärt.

Aus diesem Grund wird in einem ersten Schritt mittels einer manualbasierten Aufgabenanalyse von Physikschulbüchern (Sek II, NRW) herausgearbeitet, welche mathematischen Inhalte sowie Fähigkeiten und Fertigkeiten zum Lösen von Physikaufgaben in der Sekundarstufe II benötigt werden.

Ansatz und Forschungsfragen

In Anlehnung an den Modellierungskreislauf der Mathematik (u.a. Blum & Leiß, 2005) sowie unter Einbezug bestehender Modellierungskreisläufe, Theorien und Ansichten der Physikdidaktik (siehe z.B. in Uhden, 2012) wurde in diesem Dissertationsprojekt ein Modellierungskreislauf der Physik entwickelt und als Basis für die Problemanalyse verwendet (vgl. Trump & Borowski, eing.).

Wesentlich an diesem Kreislauf ist, dass der mathematische Problemlöseprozess sich als Teil des physikalischen Problemlöseprozesses darstellt, da davon ausgegangen wird, dass Mathematik als Sprache der Physik strukturbildend für das jeweilige physikalische Problem ist.

Der Kreislauf ermöglicht es dabei aufgrund der Zerlegung des Problemlöseprozesses in einzelne Teilschritte aufzuzeigen, welche Schritte in Bezug auf die Mathematik von besonderem Interesse sind und gesondert analysiert werden können.

Als zu untersuchende Probleme bieten sich dabei vor allem Aufgaben an, weil Aufgaben „(...) die operative Interpretation normativer Lehrplanvorgaben und zugleich Konkretisierungen [von] ‚sekundärer Lehrplanbindungen‘“ (Jordan et al., 2006, S.11) sind. Sie haben zum Ziel bestimmte Handlungen auszulösen, die zur Aktivierung und Anwendung von bereits im Unterricht erworbenen Wissen und Können spezieller Inhalte (Rieck, Friege, Hoffmann, 2005) oder zur Ausbildung z.B. erwünschter Kenntnisse, Fähigkeiten oder Interessen führen. Folglich spiegeln Aufgaben einen Ist-Zustand des an Schulen vermittelten Inhalts sowie der vermittelten Kompetenzen in einem bestimmten Zeitraum (hier der Sek II), aber auch in einem bestimmten Bundesland wieder.

Folgende Fragen stehen nun im Fokus, wobei F1 und F2 in dieser Teilstudie näher untersucht werden:

- F1:** Welche Mathematik ist strukturbildend für physikalische Probleme, also welche mathematischen Inhalte werden beim Lösungsprozess herangezogen?
- F2:** Welche Fähigkeiten und Fertigkeiten gehen mit diesen Inhalten einher?

F3: Welche Übersetzungen müssen zwischen Physik und Mathematik vollzogen werden und welche Vorstellungen müssen vorliegen?

F4: Sind diese Übersetzungen schwierigkeiterzeugend?

Stichprobe & Design

Zur Bestimmung der notwendigen mathematischen Inhalte, Fähigkeiten und Fertigkeiten wurden manualbasiert $N = 343$ Aufgaben eines Physikschulbuchs der Sekundarstufe II (NRW) untersucht. Die Ergebnisse wurden anschließend in Anlehnung an die allgemeinen mathematischen Kompetenzen der KMK in fünf Kategorien einsortiert (vgl. Abb.2 und 3).

Das für eine systematische und objektive Analyse entwickelte Manual orientiert sich dabei an der Struktur einer Sprache (Buchstaben, Vokabeln, Grammatik). Es fragt nach vorkommenden mathematischen Zeichen (Symbole, Operatoren, Zahlentypen), Darstellungen und Begriffen sowie nach deren Verwendung und dahinterstehenden Gesetzen, Regeln und Definitionen.

Erste Ergebnisse

Das Manual zur Bestimmung des mathematischen Faktenwissens sowie der mathematischen Fähigkeiten und Fertigkeiten zeigt gute bis perfekte Interraterübereinstimmung ($k=[0.74-1]$) für die gebildeten Kategorien an Aktivitäten (vgl. Abb. 2,3).

Erste Ergebnisse der Analyse von Physikschulbuchaufgaben der Sekundarstufe II ($N=343$) lassen erkennen, dass die notwendigen mathematischen Inhalte zum Lösen der Aufgaben primär aus der Sekundarstufe I stammen und dass nur 18% der Aufgaben keine Mathematik benötigen. Diese Ergebnisse weisen zum einen daraufhin, dass die Schulphysik (Sek II) mit einem einfachen mathematischen Repertoire auskommt, jedoch zum anderen, dass die für die Hochschule relevanten Themen wie Vektor- und Integralrechnung fachspezifisch kaum bis gar nicht eingeübt werden.

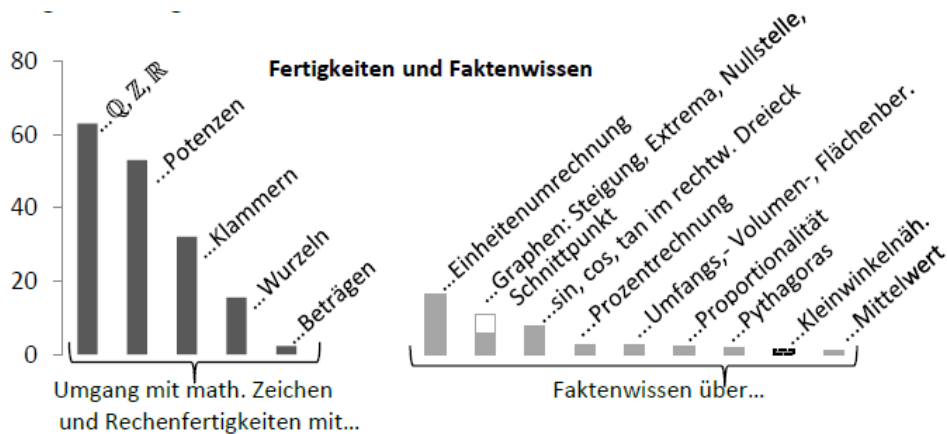


Abbildung 1: Notwendige Mathematik beim Lösen von Physikaufgaben (1% Hürde)

■ Mathematik der Sek I □ Mathematik der Sek II ▨ Kein Schulstoff in Mathematik

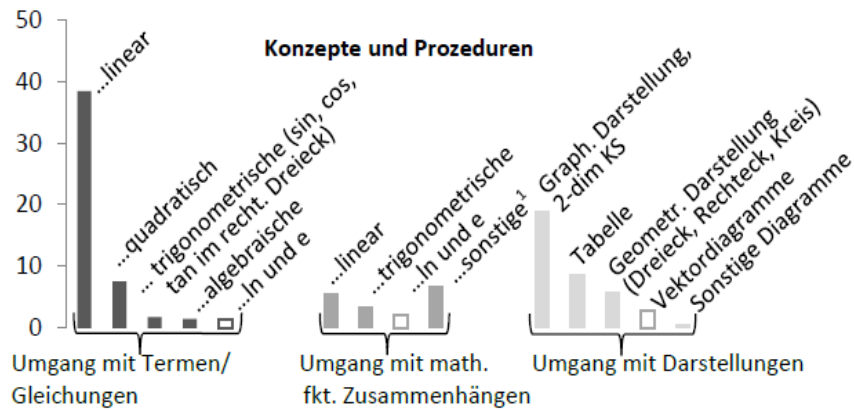


Abbildung 2: Notwendige Mathematik beim Lösen von Physikaufgaben (1% Hürde)
 ■ Mathematik der Sek I □ Mathematik der Sek II

Ausblick

Zur Verallgemeinerung der Ergebnisse werden im Folgenden weitere Schulbücher aus verschiedenen Bundesländern nach einem aufgrund der Ergebnisse weiterentwickelten Manual analysiert. In einem nächsten Schritt wird der Prozess der Mathematisierung näher analysiert. Hierfür werden das Grundvorstellungskonzept aus der Mathematikdidaktik (v. Hofe,...) sowie die Theorie der symbolischen Formen von Sherin (2001) (in Uhden, 2012) und das SDDS-Modell herangezogen. Es gilt die mit den Fakten/Fähigkeiten/Fertigkeiten verbundenen Grundvorstellungen und ihre physikalische „Einfärbung“ sowie weitere Elemente, die beim Lösen von Physikaufgaben hinsichtlich der Mathematik schwierigkeiterzeugend sind, zu analysieren und evaluieren.

Literatur

- Blum, W. & Leiß D. (2005). Modellieren im Unterricht mit der “Tanken”-Aufgabe. *Mathematik lehren*, 128, 18-21.
- Konferenz der Fachbereiche Physik (2011). Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik zum Umgang mit den Mathematikkenntnissen von Studienanfängern der Physik: <http://www.kfp-physik.de/dokument/KFP-Empfehlung-Mathematikkenntnisse.pdf>, Stand 24.09.2012.
- Uhden, O. (2012), *Mathematisches Denken im Physikunterricht – Theorieentwicklung und Problemanalyse*, Logos Verlag, Berlin, 28-74.
- Jordan, A. et al. (2006) Klassifikationsschema für Mathematikaufgaben: Dokumentation der Aufgabenkategorisierung im COACTIV-Projekt. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, 11-16.
- Rieck, Friege, Hoffmann, (2005). *SINUS-Transfer Grundschule: Naturwissenschaften, Modul G1: Gute Aufgaben* Zugriff unter: http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/fileadmin/Materialien/NaWi_Modul_G_1_050905_sw.pdf (Stand Oktober, 2012).

Überprüfung eines Modells zur Entwicklung experimenteller Kompetenz

Seit den 1960er Jahren haben neben Fachinhalten verstärkt Methoden wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung als gleichberechtigter Lerngegenstand Einzug in zahlreiche naturwissenschaftliche Curricula genommen (Abd-El-Khalick et al., 2004). Beispielhaft sei hier auf die bundeseinheitlichen Bildungsstandards für das Fach Physik verwiesen. Diese deklarieren neben dem Kompetenzbereich Fachwissen auch Methoden der Erkenntnisgewinnung als Zielvorgabe für den Unterricht (KMK, 2005). Eine zentrale und für die Naturwissenschaften charakteristische Methode der Erkenntnisgewinnung ist das Experiment (Berger, 2006). Es handelt sich dabei um eine planvolle Manipulation der Natur mit dem Ziel eindeutig bestätigende oder ablehnende Aussagen über Hypothesen zu erlangen (Wagenschein, 1953).

Zum erfolgreichen Experimentieren ist unter anderem eine Kontrolle und systematische Variation aller potentiell einflussreichen Variablen erforderlich. Nur wenn zwischen zwei zu vergleichenden Versuchsdurchgängen ausschließlich eine einzige Variable verändert wurde, ist es möglich, eindeutige kausale Aussagen zu treffen. Soll z.B. untersucht werden, ob die Schwingungsdauer eines Fadenpendels von der Masse und bzw. oder der Länge des Pendels abhängt, so kann ausschließlich ein Vergleich zweier Pendel mit identischer Fadenlänge aber unterschiedlicher Masse bzw. identischen Massen aber unterschiedlicher Fadenlänge eindeutige Evidenz liefern. Unterscheiden sich sowohl die Fadenlänge, als auch die Masse der Pendel, ist keine eindeutige Interpretation möglich und es würde eventuell ein falscher Schluss gezogen. Die so genannte Variablenkontrollstrategie [VKS] ist eine allgemeine, d.h. domänenunabhängige, Experimentierstrategie. Ihre Beherrschung schließt neben der Fähigkeit kontrollierte Experimente zu planen auch die Identifikation unkontrollierter Experimentiersituationen ein. Zur vollständigen Beherrschung der Strategie gehören weiterhin ein Verständnis der fehlenden Aussagekraft konfundierter Experimente und die daraus resultierende Notwendigkeit zur Variablenkontrolle (Chen & Klahr, 1999). Die VKS ist eine Kompetenz, die in allen drei Phasen der experimentellen Erkenntnisgewinnung bedeutsam ist (Klahr & Dunbar, 1988). Die untere Tabelle verdeutlicht die Rolle der VKS während der einzelnen Phasen der experimentellen Erkenntnisgewinnung.

Hypothesen aufstellen	Experiment planen	Evaluation des Experiments
Die Fähigkeit zur Variablenkontrolle [VK] ist Voraussetzung für eine effektive, explorative Suche nach Hypothesen im Experimentierraum (Klahr & Dunbar, 1988).	Bei der Planung eines Experiments geht es vor allem um die Umsetzung der VKS (Chen & Klahr, 1999).	Die Suche nach konfundierenden Variablen ist wichtige Qualitätskontrolle (Masnick & Klahr, 2001). Planvoll umgesetzte VK gibt Auskunft über die Gültigkeit der Ergebnisse (Kuhn, 2007b).

Da die Entwicklung der Fähigkeit zur Variablenkontrolle sowohl innerhalb der Fachdidaktik als auch der Psychologie intensiv beforscht wurde, liegen derzeit über 400 Studien aus zahlreichen Ländern vor. Es lassen sich zwei Typen von Forschungsarbeiten identifizieren.

In der Entwicklungspsychologie wird seit den 1950er Jahren die Variablenkontrollfähigkeit als Indikator für das Erreichen der Stufe der formalen Operation nach Piaget genutzt (vgl. Inhelder & Piaget, 1958, S. 46ff). Im Sinne der Piaget'schen Theorie, die eine Aneignung dieser Fähigkeit nur durch praktische Erfahrung und nicht durch gezielte Unterrichtung für möglich hält, sind zahlreiche explorative Studien entstanden. Ziel dieser Studien ist es, das Alter, ab dem die VKS systematisch genutzt wird, sowie Korrelationen mit anderen kognitiven Fähigkeiten und Schulleistung zu bestimmen. Ferner werden die Auswirkungen des sozioökonomischen Status, Geschlechts und kulturellen Hintergrunds auf die Fähigkeit zur VK untersucht. Die Ergebnisse der Studien sind sehr heterogen. So können Schulz & Gopnik (2004) zeigen, dass die meisten Vierjährigen in der Lage sind, die VKS korrekt anzuwenden. In einer vergleichbaren Studie waren hingegen 83% der befragten Erwachsenen dazu nicht in der Lage (Kuhn, 2007a). Ab den 1970er Jahren treten vermehrt Interventionsstudien auf, die einen wesentlichen Aspekt der Piaget'schen Theorie in Frage stellen: Sie gehen davon aus, dass die Fähigkeit zur VK prinzipiell durch Unterricht vergleichsweise effektiv und rasch gefördert werden kann (z.B. Case & Fry, 1973). Die Studien sind sowohl unter Laborbedingungen als auch als schulische Interventionsstudien durchgeführt worden. Eine Meta-Analyse, in der die Befunde von 65 Studien zusammengefasst werden, findet einen signifikanten mittleren bis großen Effekt von Unterricht auf die Fähigkeit zur VK (Ross, 1988).

Vor dem Hintergrund der vielfältigen Forschungsbefunde zur VK lässt sich feststellen, dass dieses Konstrukt verhältnismäßig scharf definiert und unstrittig ist. Zudem ist die VKS eine zentrale Teilkompetenz im Rahmen des Experimentierprozesses (vgl. obere Tabelle). Zwar wird in den Bildungsstandards der Experimentierprozess als Ganzes als Bildungsziel ausgewiesen (KMK, 2005), jedoch ist dieser bisher im Gegensatz zur VKS eher unscharf definiert und zusätzlich mit Fachwissen konfundiert (Hodson, 1996). Ziel unseres Projektes ist es daher, ein Entwicklungsmodell der Fähigkeit zur Variablenkontrolle für den Physikunterricht vorzuschlagen und anhand erster empirischer Evidenz zu bestätigen. Ein solches Entwicklungsmodell kann als Planungshilfe für die systematische, jahrgangübergreifende Förderung von Schülerinnen und Schülern einen wesentlichen Beitrag zum Kompetenzerwerb leisten (Schecker & Parchmann, 2006). Zur Bestimmung der Entwicklungsstufen des Modells, wird in einer ersten Phase des Projekts eine Meta-Analyse durchgeführt. In ihr werden die hinsichtlich der untersuchten Stichprobe, der Assessmentinstrumente und zuletzt auch der Befundlage sehr heterogenen bisherigen Forschungserkenntnisse zusammengefasst. Unsere Analyse differenziert die Effektivität der unterschiedlichen Vermittlungsstrategien im Vergleich zu der älteren Arbeit von Ross (1988) genauer nach Probandenmerkmalen und Merkmalen der Assessmentinstrumente.

Erwartet wird, dass die Performanz der Probanden neben der genutzten Instruktionsstrategie, vor allem von der Komplexität der Assessmentaufgaben, konkret der Anzahl zu kontrollierender Variablen (Staver, 1986), und dem Fachinhalt der Aufgaben abhängt. Weiterhin wird erwartet, dass mit dem Alter auch die Fähigkeit, die gelernte Strategie auf neue Kontexte zu übertragen und komplexere Problemstellungen zu lösen, zunimmt. Konkret werden folgende Forschungsfragen untersucht:

- Welche Merkmale führen zu einer erfolgreichen Vermittlung der VKS bereits im Grundschulalter?
- Nimmt mit dem Alter die Fähigkeit die erlernte Strategie auf neue Inhalte zu übertragen zu?
- Hat neben dem Fachinhalt die Anzahl der zu kontrollierenden Variablen einen entscheidenden Einfluss auf die Performanz der Probanden?

- Sind Schülerinnen und Schüler mit zunehmendem Alter in der Lage Aufgaben mit mehr Variablen zu lösen?

Bisher ist die Literaturrecherche abgeschlossen. Es wurden ca. 400 potenziell relevante Quellen gefunden, von denen 92 bereits kodiert und 190 als irrelevant ausgeschlossen sind. Das Durchschnittsalter der Probanden in den bisher aufgenommenen Interventionsstudien liegt zwischen 5,96 Jahren und 23,35 Jahren ($M = 12,52$ $SD = 2,67$). Es wird also der gesamte Bildungsweg von der Primarstufe bis zur Universität mit der Meta-Analyse abgedeckt.

In der zweiten Phase des Projektes werden die aus der Meta-Analyse gewonnenen Erkenntnisse in zwei Interventionsstudien repliziert. Es ist geplant, die Studien in zwei unterschiedlichen Alterskohorten durchzuführen. Dabei sind je zwei Interventionsgruppen und eine Kontrollgruppe pro Kohorte geplant. Auf diese Weise soll ein Vergleich der Lernwirksamkeit der gewählten Strategien in unterschiedlichen Altersgruppen ermöglicht werden. Die Testaufgaben sind entsprechend der Erkenntnisse aus Meta-Analyse zu entwickeln. Es wird bei den Testaufgaben eine altersabhängige Fähigkeitsverteilung nach Komplexität und Inhalt erwartet. Gleichzeitig wird die Fähigkeit zum Hypothesenaufstellen und zur Evidenzevaluation erhoben werden, um die Frage zu klären, inwieweit sich die Intervention auch auf andere experimentelle Teilkompetenzen auswirkt.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R. & Hofstein, A. et al. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Sci. Ed*, 88 (3), 397-419
- Berger, V. (2006). Im Physikunterricht experimentieren. In H. F. Mikelskis (Hrsg.), *Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen Scriptor, 149-182
- Case, R. & Fry, C. (1973). Evaluation of an attempt to teach scientific inquiry and criticism in a working class high school. *J. Res. Sci. Teach.*, 10 (2), 135-142
- 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
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28 (2), 115-135
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence: An essay on the construction of formal operational structures*. London: Routledge and Kegan Paul
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12 (1), 1-48
- KMK (Hrsg.) (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Wolters Kluwer Deutschland
- Kuhn, D. (2007a). Jumping to Conclusions: Can people be counted on to make sound judgments? *Scientific American*, 18 (1), 44-51
- Kuhn, D. (2007b). Reasoning about multiple variables: Control of variables is not the only challenge. *Sci. Ed*, 91 (5), 710-726
- Masnack, A. M. & Klahr, D. (2001). Elementary School Children's Understanding of Experimental Error. In J. Moore & K. Stenning (Hrsg.), *Proceedings of the Twenty-Third Annual Conference of Cognitive Science Society*. Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates, 600-605
- Ross, J. A. (1988). Controlling Variables: A Meta-Analysis of Training Studies. *Review of Educational Research*, 58 (4), 405-437
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 45-66
- Schulz, L. E. & Gopnik, A. (2004). Causal learning across domains. *Dev Psychol*, 40 (2), 162-176
- Staver, J. R. (1986). The effects of problem format, number of independent variables, and their interaction on student performance on a control of variables reasoning problem. *J. Res. Sci. Teach.*, 23 (6), 533-542
- Wagenschein, M. (1953). *Natur Physikalisch Gesehen: Eine Handreichung zur physikalischen Naturlehre für Lehrer aller Schularten*. Frankfurt am Main, Berlin, Bonn: Verlag Moritz Diesterweg

Heike Theyßen¹
 Horst Schecker²
 Knut Neumann³
 Martin Dickmann¹
 Bodo Eickhorst²

¹Universität Duisburg-Essen
²Universität Bremen
³IPN Kiel

Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments

Motivation und Zielsetzung

Der Erwerb experimenteller Kompetenz ist ein zentrales Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts (z.B. KMK, 2005; NRC, 1996). Bei groß angelegten Vergleichsuntersuchungen werden experimentelle Kompetenzen bislang jedoch aus Effizienzgründen meist nur mit Hilfe von Papier-und-Bleistift-Tests erfasst. Dabei haben sich in der einschlägigen Forschung nur geringe Zusammenhänge zwischen den Leistungen von Schülerinnen und Schülern in Papier-und-Bleistift-Tests und den Leistungen in Experimentiertests gezeigt (z.B. Baxter, Shavelson, Goldman & Pine, 1992; Shavelson, Ruiz-Primo & Wiley, 1999). Dies stellt die Validität bisheriger Messungen experimenteller Kompetenz in Frage.

Im Verbundprojekt „Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments“¹ (MeK-LSA) soll ein Instrument entwickelt werden, das wesentliche Komponenten experimenteller Kompetenz in den Bereichen „Planung“, „Durchführung“ und „Auswertung“ in einer tatsächlichen experimentellen Handlungssituation reliabel und valide erfasst und das gleichzeitig effizient genug für den Einsatz im Large Scale ist.

Konzeption des Testinstruments

Der in Entwicklung befindliche Test bezieht sich auf typische Schülerexperimente der Sekundarstufe I. Zielgruppe sind Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe. Der Test ist in Units gegliedert. Eine Unit besteht aus einem Aufgabenstamm und sechs darauf bezogenen Items. Der Aufgabenstamm enthält eine experimentell zu bearbeitende Fragestellung und Fachinformationen, die zur Bearbeitung notwendig sind. Die Items innerhalb jeder Unit decken verschiedene Komponenten der Planung, Durchführung und Auswertung des Experimentes ab. Dazu zählen die Anfertigung einer Versuchsskizze, die Vorbereitung eines Messprotokolls, der Aufbau einer experimentellen Anordnung, die Durchführung einer Messung oder die Schlussfolgerung aus experimentellen Ergebnissen. In der Endfassung soll der Test vollständig online präsentiert und bearbeitet werden. Daher enthalten speziell die Items, die sich auf die Durchführung beziehen, interaktive Simulationen, mit denen die Schülerinnen und Schüler die experimentelle Anordnung aufbauen und die Messungen durchführen können. Um die Testauswertung effizient zu gestalten, sollen die Schülerantworten und die experimentellen Handlungen in den Simulationen auf der Basis einer Protokollierung des Vorgehens der Schülerinnen und Schüler („Log-Daten“) weitgehend automatisch ausgewertet werden.

Damit die Items unabhängig voneinander zu bearbeiten und auszuwerten sind, wird den Probanden nach Bearbeitung eines Items ein Musterergebnis gezeigt, an dem sie sich im Folgeschritt orientieren sollen. D. h., für ein Item zum Aufbau wird die Planung vorgegeben, für ein Item zur Messung werden die Planung, ggf. das Messprotokoll und die aufgebaute Versuchsanordnung vorgegeben. Die Items bauen so aufeinander auf, dass das Experiment in einer schultypischen und sachlogischen Reihenfolge durchlaufen wird. Komplexe Problemlösefähigkeiten oder die Fähigkeit zur selbstständigen Strukturierung des Vorgehens beim Experimentieren können und sollen mit dem Test nicht diagnostiziert werden. Ebenso ist es

¹ Das Projekt wird gefördert vom BMBF (Laufzeit 2012 bis 2015).

nur eingeschränkt möglich zu testen, wie weit die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, ihre experimentelle Vorgehensweise iterativ zu verbessern. Durch die Unterteilung in Items und die damit verbundenen Vorgaben von Zwischenlösungen sind z. B. keine Rückschritte von der Messung oder Auswertung zum eigenen Versuchsaufbau oder dessen Modifikation möglich. Allerdings kann innerhalb eines Items zum Aufbau die experimentelle Anordnung auf Funktionsfähigkeit getestet und daraufhin ggf. überarbeitet werden. Die genannten Einschränkungen werden zugunsten der lokalen stochastischen Unabhängigkeit der Items und der Vermeidung von Bodeneffekten in Kauf genommen. Letztere waren bei einem Vorläuferprojekt mit vergleichbaren Aufgabenstellungen aber weniger Vorstrukturierung in erheblichem Maße aufgetreten (Schreiber, Theyßen & Schecker, 2012). Abb. 1 zeigt den Aufgabenstamm (ohne Fachinformation) und zwei darauf bezogene Items einer Beispielunit.



Aufgabenstamm:	<p>Alina und Bodo wollen untersuchen, wie die Ausdehnung eines Gummiringes von der angehängten Masse abhängt. Die beiden denken, dass sich der Gummiring so ähnlich verhält wie eine Schraubenfeder. Sie vermuten: Die Ausdehnung des Gummiringes ist proportional zur angehängten Masse.</p> <p>Hilf Alina und Bodo, die Vermutung zu prüfen!</p>									
Ein Planungselement	<p>Virtuelles Labor</p> 	<p>Notiere hier stichwortartig wie Alina und Bodo vorgehen sollten. Beachte, dass den beiden ausschließlich die Materialien aus dem „virtuellen Labor“ zur Verfügung stehen.</p> <p>Fertige hier eine Versuchsskizze an:</p>								
Ein Durchführungselement	<p>Alina und Bodo haben sich folgende Vorgehensweise überlegt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gummiring und Teller für Massestücke am Stativ befestigen. ▪ Massestücke nacheinander anhängen. ▪ Jeweils die Ausdehnung mit dem Maßstab messen. 	<p>Sie haben folgendes Messprotokoll vorbereitet:</p> <table border="1" data-bbox="927 1234 1254 1368"> <thead> <tr> <th>Masse m/kg</th> <th>Ausdehnung s/cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Masse m/kg	Ausdehnung s/cm						
Masse m/kg	Ausdehnung s/cm									
	<p>Alina und Bodo haben folgenden Versuch funktionsfähig aufgebaut.</p> <p>Führe mit diesem Versuchsaufbau die geplanten Messungen für Alina und Bodo durch:</p>									

Abb. 1: Aufgabenstellung und zwei Beispielimite aus einer prototypischen Unit

Das „virtuelle Labor“ (hier noch als Fotomontage) wird in der Endversion als Teil der interaktiven Simulation realisiert. Die Geräte sind darin fotorealistisch abgebildet und bei

Bedarf werden Bezeichnungen und ggf. Funktionsumfang eingeblendet. Um Offenheit in der Planung zu ermöglichen, werden deutlich mehr Geräte angeboten als für den intendierten Aufbau notwendig sind. Für die Messung wird den Schülerinnen und Schülern in der interaktiven Simulation die fertig aufgebaute Versuchsanordnung zur Verfügung gestellt.

Testgüte

Zur Absicherung der Objektivität, Reliabilität und Validität des Testinstruments werden mehrere aufeinander aufbauende Studien durchgeführt. Nach Lehrplan- und Schulbuchanalysen sowie Expertenbefragungen werden zunächst kleinere Validierungsstudien mit Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Abschließend ist die Erprobung in einer groß angelegten Vergleichsuntersuchung vorgesehen. Die Validierungsstudien gliedern sich nach Wild und Möller (2009) in Testinhaltsanalysen, Analysen individueller Strategien, die Analyse der internen Teststruktur sowie die Analyse der Zusammenhänge mit externen Variablen.

Testinhaltsanalysen: Durch Lehrplan- und Schulbuchanalysen sowie Expertenbefragungen wird die curriculare Validität der Units und Items sichergestellt. Ebenfalls mit Expertenbefragung werden die Angemessenheit der Anforderungen und die Passung der Items zu dem zugrunde gelegten Aufgabenentwicklungsmodell abgesichert.

Analysen individueller Strategien: Im Zentrum steht hier die empirische Untersuchung der kognitiven Prozesse bei der Bearbeitung der Units (kognitive Validierung). Werden Fachwissensdefizite durch Hilfestellungen angemessen berücksichtigt? Stehen bei der Bearbeitung der Units experimentelle Überlegungen im Vordergrund oder werden diese zu stark durch fachliche und technische Überlegungen überlagert? Zur Klärung dieser und ähnlicher Fragen werden Schülerinnen und Schüler nach Bearbeitung der Units in Stimulated Recall Interviews zu ihren Strategien, Überlegungen und Schwierigkeiten befragt.

Objektivität und Reliabilität: Durch Doppelkodierungen wird überprüft, ob die automatische Auswertung der Schülerantworten und -handlungen auf der Basis von Log-Daten eine hinreichend hohe Übereinstimmung mit einer Auswertung durch geschulte Rater erzielt. Die interne Konsistenz des Testinstruments wird anhand der Daten aus der Large-Scale Erhebung überprüft.

Analyse der Zusammenhänge mit externen Variablen: Zur konvergenten Validierung werden die Schülerleistungen bei der Bearbeitung von Items mit Simulationen mit den Schülerleistungen verglichen, die bei der Bearbeitung von inhaltsgleichen Items mit Realexperimenten erzielt werden. Zur diskriminanten Validierung dient der Vergleich mit dem ebenfalls erhobenen Fachwissen und den kognitiven Fähigkeiten.

Analyse der internen Teststruktur: Anhand der Ergebnisse der Large-Scale Erhebung kann geprüft werden, wie differenziert das Testinstrument das Fähigkeitsspektrum der Schülerinnen und Schüler abbildet, d. h., wie weit sich Komponenten experimenteller Kompetenz trennen lassen oder ein übergreifendes Konstrukt bilden.

Literatur

- Baxter, G. P., Shavelson, R. J., Goldman, S. R. & Pine, J. (1992). Evaluation of Procedure-Based Scoring for Hands-On Science Assessment. *Journal of Educational Measurement*, 29 (1), 1-17
- Gut, C. (2012). Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz: Analyse eines large-scale Experimentiertests. Berlin: Logos
- KMK (Hrsg.) (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand
- NRC (1996). National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2012). Diagnostik experimenteller Kompetenz: ein Verfahrensvergleich. In S. Bernhold (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Berlin, Lit-Verlag, 263-265
- 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
- Wild, E. & Möller, J. (Hrsg.) (2009). *Pädagogische Psychologie*. 1. Aufl. Berlin: Springer

Die Entwicklung der Kompetenz im Umgang mit dem Materiekonzept

Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern soll Schülerinnen und Schülern vor allem eine solide naturwissenschaftliche Grundbildung vermitteln (KMK, 2005). Ein zentrales Element einer solchen Grundbildung ist der kompetente Umgang mit zentralen naturwissenschaftlichen Konzepten – wie z. B. dem Materiekonzept (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Um eine systematische Kompetenzentwicklung im Unterricht zu unterstützen, werden entsprechende Modelle benötigt, die empirisch fundiert sind und mit deren Hilfe naturwissenschaftlicher Unterricht entsprechend gestaltet werden kann (Schecker & Parchmann, 2006). Auf Grundlage der umfangreichen Literatur zu Schülervorstellungen von Materie (für einen Überblick s. Duit, 2008) wurde im Rahmen des hier vorgestellten Forschungsvorhabens ein Modell zur Beschreibung der Entwicklung des Verständnisses im Umgang mit dem Materiekonzept begründet (vgl. Hadenfeldt & Neumann, 2011). Dieser Beitrag stellt erste empirische Befunde zur Validierung vor.

Theoretischer Hintergrund

Die Ergebnisse der bisherigen naturwissenschaftsdidaktischen Forschung legen nahe, dass sich ein Verständnis von Materie in den folgenden vier Bereichen entwickelt (Andersson, 1990; Liu & Lesniak, 2005): *Struktur und Zusammensetzung*, *physikalische Eigenschaften und Veränderungen*, *chemische Reaktionen* und *Erhaltung*. Wie sich das Verständnis von Materie bezogen auf diese vier Bereiche im Verlauf der Schulzeit entwickelt, ist bisher nur wenig untersucht. Liu und Lesniak (2005) sowie Stevens, Delgado und Krajcik (2009) vermuten eine Progression des Verständnisses vom Materiekonzept in allen Bereichen entlang hierarchisch geordneter Verständnisniveaus, beginnend bei Alltagsvorstellungen, hin zu ausdifferenzierten Teilchenvorstellungen. Diese Verständnisniveaus lassen sich qualitativ wie folgt beschreiben (vgl. Hadenfeldt & Neumann, 2011): *Alltagsvorstellungen*, *Hybridvorstellungen*, *einfache Teilchenvorstellungen*, *differenzierte Teilchenvorstellungen* und *systemische Teilchenvorstellungen*. Das aus diesen Befunden abgeleitete (hypothetische) Kompetenzentwicklungsmodell (vgl. Abb. 1) soll im Rahmen der hier vorgestellten Studie empirisch validiert werden.

Struktur und Zusammensetzung	Physikalische Eigenschaften und Veränderungen	Chemische Reaktionen	Erhaltung
Systemische Teilchenvorstellungen	Systemische Teilchenvorstellungen	Systemische Teilchenvorstellungen	Systemische Teilchenvorstellungen
Differenzierte Teilchenvorstellungen	Differenzierte Teilchenvorstellungen	Differenzierte Teilchenvorstellungen	Differenzierte Teilchenvorstellungen
Einfache Teilchenvorstellungen	Einfache Teilchenvorstellungen	Einfache Teilchenvorstellungen	Einfache Teilchenvorstellungen
Hybridvorstellungen	Hybridvorstellungen	Hybridvorstellungen	Hybridvorstellungen
Alltagsvorstellungen	Alltagsvorstellungen	Alltagsvorstellungen	Alltagsvorstellungen

Abb. 1: Ein hypothetisches Kompetenzentwicklungsmodell für Materie

Design und Methode

Im Rahmen einer Querschnittstudie zur Erfassung des Verständnisses von Materie in den Klassenstufen 6 bis 12 soll geprüft werden, ob sich das Verständnis von Materie im Verlauf der Schulzeit dem Modell (vgl. Abb. 1) gemäß entwickelt. Zur Erfassung des Verständnisses von Materie wurden Ordered Multiple Choice (OMC) Aufgaben (vgl. Briggs et al., 2006) eingesetzt. Mit diesem Aufgabentyp können in einer Aufgabe mehrere Stufen im Sinne unterscheidbarer, hierarchisch geordneter Ausprägungen einer latenten Fähigkeit erfasst werden. Alle Antwortoptionen einer OMC Aufgabe bilden bestimmte Verständnisniveaus ab, wobei die Verständnisniveaus, die von den Distraktoren abgebildet werden, unterhalb des Verständnisniveaus liegen, welches durch den Attraktor abgebildet wird (siehe Abb. 2). Auf diese Art und Weise kann neben der Information, ob eine Aufgabe richtig oder falsch beantwortet wurde, zusätzlich eine Information darüber gewonnen werden, über welches Verständnisniveau eine Schülerin bzw. ein Schüler verfügt. Im Vergleich zu herkömmlichen Multiple Choice Aufgaben kann damit bei gleicher Effizienz mehr diagnostische Information gewonnen werden. OMC Aufgaben haben sich bereits als geeignet erwiesen, das Verständnis der Schülerinnen und Schüler von der *Struktur und Zusammensetzung* von Materie reliabel und valide zu erfassen (Hadenfeldt & Neumann, 2012).

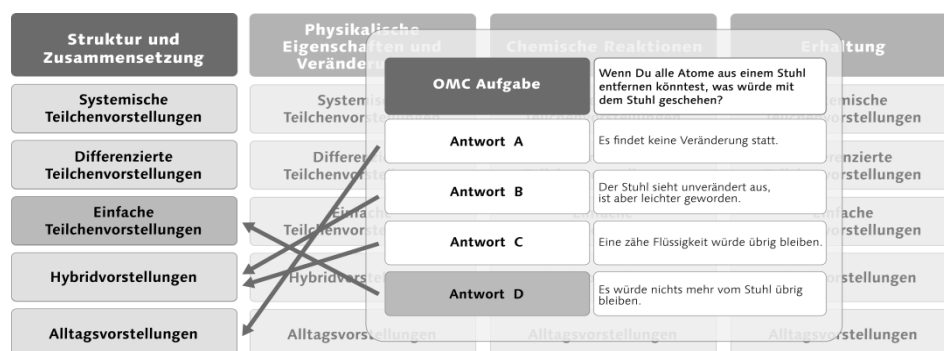


Abb. 2: Beispiel einer OMC Aufgabe zur Erfassung des Verständnisses von Materie

Im Rahmen dieser Studie wurden 39 OMC Aufgaben entwickelt und zu 9 Testheften mit je 26 Aufgaben zusammengefasst. Die Testhefte wurden insgesamt $N = 1364$ Schülerinnen und Schülern zur Bearbeitung vorgelegt.

Ergebnisse

Zunächst wurde untersucht, inwieweit sich die vier-dimensionale Modellstruktur (vgl. Abb. 1) empirisch bestätigen lässt. Die Datenanalyse erfolgte auf Grundlage des Partial Credit Rasch Modells. Im Vergleich zu einem ein- und zwei-dimensionalen Modell weist ein vier-dimensionales Modell die beste Passung auf die Daten auf (Tab. 1). Die Zusammenhänge zwischen den vier Dimensionen *Struktur und Zusammensetzung* (SuZ), *physikalische Eigenschaften und Veränderungen* (Phy), *chemische Reaktionen* (Che) und *Erhaltung* (Erh) liegen im mittleren bis hohen Bereich (Tab. 2).

	1dim Modell	2dim Modell	4dim Modell
AIC	73084	73086	72874
cAIC	73588	73602	73434
BIC	73507	73519	73343

Tab. 1: Modellvergleiche

	SuZ	Phy	Che	Erh
SuZ				
Phy	.89			
Che	.68	.67		
Erh	.90	.89	.72	

Tab. 2: Korrelationsmatrix

Innerhalb der vier Bereiche lassen sich die angenommenen Verständnisniveaus abbilden (Abb. 3). Schließlich wurde untersucht, inwieweit Schülerinnen und Schüler höherer Jahrgangsstufen im Rahmen der Raschanalyse eine höhere Personenfähigkeit zugeordnet wurde. Dabei konnte in jedem der vier Bereiche ein signifikanter Einfluss des Jahrgangs auf die Personenfähigkeit nachgewiesen werden: *SuZ* ($F(6,1357)=50.64$, $p<.001$; $R^2=.18$), *Phy* ($F(6,1357)=51.88$, $p<.001$; $R^2=.19$), *Che* ($F(6,1357)=56.96$, $p<.001$; $R^2=.20$), *Erh* ($F(6,1357)=50.95$, $p<.001$; $R^2=.18$).

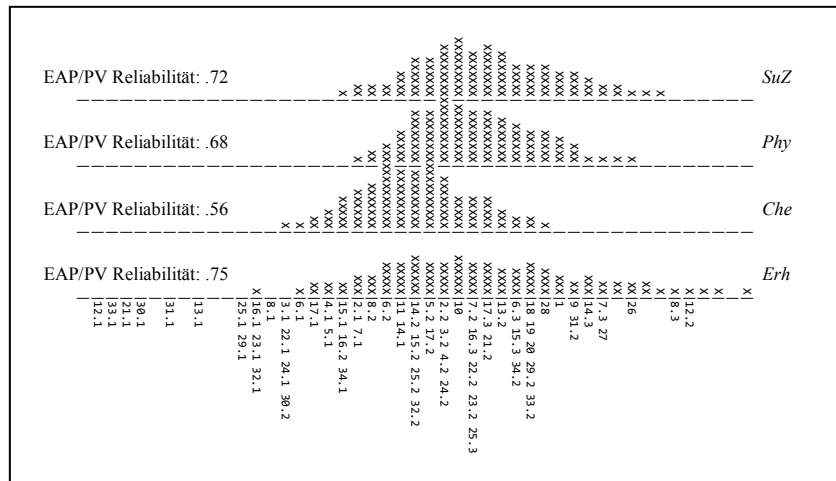


Abb. 3: Wright Map (Personenfähigkeit und Thurstonian Thresholds)

Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt bildet das hier vorgestellte Modell einen geeigneten Rahmen zur Beschreibung der Entwicklung des Verständnisses im Umgang mit dem Materiekonzept. In einer Längsschnitterhebung muss geklärt werden, ob das Modell auch in der Lage ist, eine intra-individuelle Entwicklung zu beschreiben. Ebenfalls offen bleibt die Frage, wie sich das Verständnis der Schülerinnen und Schüler von Materie im Verlauf eines Schuljahres entwickelt.

Literatur

- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85
- Briggs, D. C., Alonzo, A. C., Schwab, C., & Wilson, M. (2006). Diagnostic Assessment With Ordered Multiple-Choice Items. *Educational Assessment*, 11 (1), 33-63
- Duit, R. (2008). Students' and Teachers' Conceptions and Science Education (STCSE) (Bibliographie). Retrieved 12.03.2010, from IPN
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A. & Shouse, A. W. (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. Washington D.C: National Academies Press
- Hadenfeldt, J. C. & Neumann, K. (2011). Materie verstehen – aber wie? *NiU Chemie*, 22 (4+5), 87-91
- Hadenfeldt, J. C. & Neumann, K. (2012). Die Entwicklung der Kompetenz im Umgang mit dem Materiekonzept. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdid. Strukt. f. d. Unterricht*. Berlin: LIT-Verlag, 170-172
- Liu, X. & Lesniak, K. (2005). Progression in Children's Understanding of the Matter Concept from Elementary to High School. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (3), 320-347
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 45-66
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (Hrsg.) (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittl. Schulabschluss*. München: Luchterhand
- Stevens, S., Delgado, C. & Krajcik, J. S. (2009). Developing a Hypothetical Multi-Dimensional Learning Progression for the Nature of Matter. *JRST*, 47 (6), 687-715

Videobasierte Erfassung der Komplexitätsentwicklung im Chemie- und Physikunterricht

Hintergrund

Im Zuge der Output-orientierten Restrukturierung des deutschen Bildungssystems auf Grundlage der von der Kultusministerkonferenz eingeführten Bildungsstandards gewinnt die Modellierung von Kompetenzen stetig an Bedeutung. Häufig finden Kompetenzmodelle Anwendung in der Erfassung von Schülerleistung, seltener jedoch zur Abbildung des tatsächlichen Unterrichtsgeschehens (vgl. Lau, 2011).

Unter Berücksichtigung dieses Umstandes zielt das vorliegende, sich aktuell in einer Anfangsphase befindende Projekt „*Fachliche Komplexität und Sachstrukturen im Chemie- und Physikunterricht*“ auf die Entwicklung und Erprobung modellbasierter, fächerübergreifender Instrumente zur Erfassung der fachlichen Komplexität und des inhaltlichen Angebots in den Fächern Chemie und Physik mit Hilfe von Unterrichtsvideos ab. Das hierarchische Komplexitätsmodell *MHC-C* (Bernholt, Parchmann & Commons, 2009) stellt in Kombination mit der curricular-theoriegeleitet entwickelten Rekonstruktionsmethode der Sachstruktur (Brückmann, 2009) eine gemeinsame theoretische Grundlage zur fachinhaltlichen Komplexitätserfassung dar, die zudem anschlussfähig für Testentwicklung ist (vgl. Shavelson, 2007). Durch die Anwendung des videobasierten Erhebungsinstrumentes ist eine transparente und detaillierte Abbildung des Unterrichtsgeschehens auf mehreren Ebenen möglich (Janík & Seidel, 2009). Dabei wurden die Codiersysteme zur Erfassung des Unterrichts weitestgehend so angelegt, dass sie fächerübergreifend einsetzbar sind.

Aufgrund dieses interdisziplinären Ansatzes bietet das Projekt die Möglichkeit, fachspezifische Methoden und Herangehensweisen an gemeinsame Unterrichtsinhalte vergleichend abzubilden.

Forschungsfragen

Aktuell stehen folgende Fragestellungen im Fokus:

- In welchem Maße lässt sich der videografierte Unterricht mithilfe der theoretisch-modellbasiert generierten Codiersysteme abbilden?
- Können vergleichbare Parameter oder Indikatoren identifiziert werden, durch die Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Unterrichtsgeschehen, beispielsweise zwischen Lehrenden oder den Fachdisziplinen, ersichtlich werden?

Stichprobe

Die Datengrundlage des Projekts bilden insgesamt 136 videografierte Unterrichtsstunden (à 45 min) aus den Fächern Chemie und Physik, wobei die Chiestunden im Rahmen eines Promotionsvorhabens (Schmidt, 2011) entstanden sind und auf Grundlage des Unterrichtskonzeptes *Chemie im Kontext* (Demuth et al., 2008) unterrichtet wurden. Die Erhebung der Physikstunden fand während der 2. IPN-Videostudie „*Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht*“ (Seidel, Prenzel & Kobarg 2005) statt. Explizit stellt sich die Zusammensetzung der Stichprobe wie folgt dar:

- Chemie: 70 Unterrichtsstunden von drei Lehrpersonen (44/12/14 Stunden pro Lehrperson) in den Klassenstufen 9 und 11 zu den Themenbereichen Stoffeigenschaften, Verbrennungsprozesse, Säure-Base und Alkohol.

- Physik: 78 Unterrichtsstunden von 13 Lehrpersonen in den Klassenstufen 7 und 8 zu den Themenbereichen Elektrizitätslehre und Mechanik (jeweils 3 Stunden pro Lehrperson und Themenbereich).

Methode

Den methodischen Grundansatz des Forschungsprojektes stellt eine videobasierte Codierung des Unterrichts anhand von (vorläufig) drei niedrig- (a, c) bis mittel-inferenten (b) Kategoriensystemen dar. Nach der Transkription der Unterrichtsvideos mit *Videograph* (Rimmele, 2012) wurde die manualbasierte Codierung mit Hilfe des Programms MaxQDA durchgeführt. Folgende Kategoriensysteme kamen zur Anwendung:

a) Inhalt (Cohen's $\kappa_{\text{Che}} = .64$ ($N_{\text{Codings}} = 5798$), Cohen's $\kappa_{\text{Phy}} = .82$ ($N_{\text{Codings}} = 3388$))

Das Kategoriensystem zur Erfassung der Unterrichtsinhalte ist domänen- sowie themenspezifisch konzipiert und besteht aus Oberkategorien (*Makroebene*, z.B. „Elemente des Stromkreises“ oder „elektrische Schaltungen“ für die Physikstunden mit dem Thema Elektrizitätslehre), die wiederum weitere Unterkategorien (*Mikroebene*, z.B. „Stromkabel“, „Glühlampe“ oder „Kondensator“ für die Oberkategorie „Elemente des Stromkreises“) beinhalten.

Bsp.: Schüler: „*Da brauchen wir noch ein Kabel.*“

→ *Makroebene*: Elemente des Stromkreises, *Mikroebene*: Stromkabel

b) Komplexität (Cohen's $\kappa_{\text{Che}} = .64$ ($N_{\text{Codings}} = 4318$), Cohen's $\kappa_{\text{Phy}} = .81$ ($N_{\text{Codings}} = 2526$))

Die Komplexität des Unterrichtsgeschehens wird ebenfalls mithilfe eines Zwei-Ebenen-Kategoriensystems erfasst, wobei sich die *Makroebene* aus den fünf Stufen des hierarchischen Komplexitätsmodells *MHC-C* nach Bernholt (2010) („unreflektiertes Erfahrungswissen“, „Fakten“, „Prozessbeschreibungen“, „lineare Kausalität“, „multivariate Interdependenz“) zusammensetzt. Diese Stufen werden auf der *Mikroebene* durch jeweils dazugehörige Operatoren spezifiziert (z.B. „Ursache-Wirkungskette begründen“ oder Schlussfolgern und Zusammenhänge herstellen“ als Operatoren der Komplexitätsstufe „lineare Kausalität“).

Bsp.: Schüler: „*Wenn man Holz anzündet, entsteht erst Wasserdampf, weil die Feuchtigkeit ja erst aus dem Holz raus muss.*“

→ *Makroebene*: lineare Kausalität, *Mikroebene*: Reaktionsschritte begründen

c) Unterrichtsstruktur (Cohen's $\kappa_{\text{Physik}} = .83$ ($N_{\text{Codings}} = 210$), kein Wert für Chemie)

Um den Unterricht anhand einer Grobstruktur zu gliedern sowie die Zusammenhänge zwischen Komplexität und Unterrichtsinhalt detailliert zu beschreiben, wurde zusätzlich das von Brückmann (2009) entwickelte Schema der Unterrichtsstruktur als Kategoriensystem integriert. Es umfasst die Dimensionen „Rückgriff“, „Alltagsvorwissen“, „Hausaufgaben“, „Tafelbild“, „Experimentierphase“, „Experiment Nachbereitung“, „Medien“, „Unterrichtsgespräch“, „Exkurs“ und „Ausblick“.

Insgesamt liegen die berechneten Werte für Cohen's κ im guten bis sehr guten Bereich.

Erste Ergebnisse

In Anbetracht der zufriedenstellenden Cohen's κ Werte lässt sich hinsichtlich Forschungsfrage 1 feststellen, dass die angewandten Kategoriensysteme (a, b, c) das Unterrichtsgeschehen der zugrundeliegenden Stichprobe reliabel abbilden.

Wiederkehrende Komplexitätsentwicklungsmuster im Verlauf von Unterrichtsstunden oder -einheiten in Abhängigkeit zu den behandelten Inhalten sind nach derzeitigem Untersuchungsstand nicht deutlich auszumachen.

Aktuell werden metrische Parameter (bspw. Steigung und Achsenabschnitt einer linearen Regression) sowie Indikatoren (bspw. Verlaufskurven der Komplexität, vgl. Abb.1) auf unterschiedlichen Niveaus abgeleitet, die potenziell zu vergleichenden Analysen genutzt werden können.

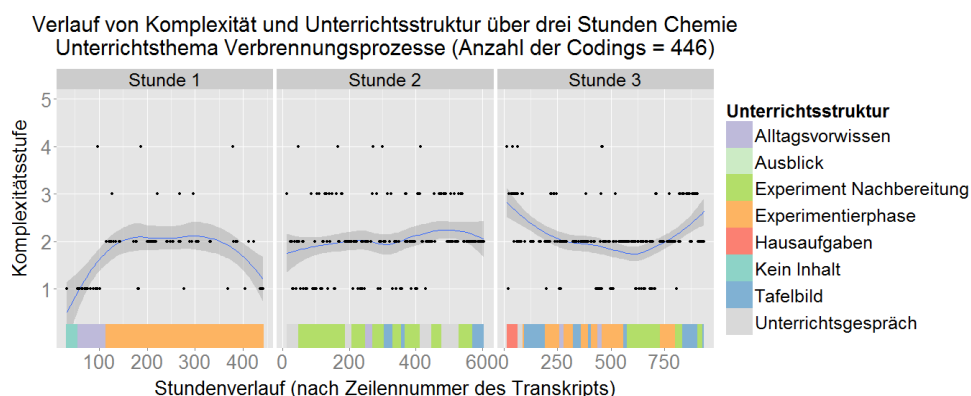


Abb. 1: exemplarische Darstellung des Verlaufs der Komplexität und der Unterrichtsstruktur über drei Stunden Chemieunterricht

Ausblick

Im weiteren Verlauf des Projektes steht neben der Weiterentwicklung der Codierverfahren im Wesentlichen die Auswertung der Inhaltssequenzierung und der Komplexitätsverläufe im Fokus. Dies betrifft zum einen die Betrachtung einzelner Inhalte hinsichtlich der Bildung von Fachbegriffen sowie deren Sequenzierung und zum anderen die Ableitung von Parametern zur Beschreibung von Entwicklungen der Komplexität auf Grundlage des erhobenen Datenmaterials.

Darüber hinaus wird angestrebt, durch die Berücksichtigung weiterer Unterrichtsmerkmale, wie beispielsweise der Unterrichtsstruktur, die inhaltsabhängige Komplexitätsentwicklung detaillierter zu beschreiben. Perspektivisch ist die Erhebung neuen Videomaterials mit begleitender Lernzuwachsmessung zu einem fächerübergreifenden Themenkomplex (z.B. Energie) angedacht, um anhand einer vergleichbaren Datenbasis Aussagen zum Verlauf von fachlicher Komplexität in Physik und Chemie treffen zu können.

Literatur

- Bernholt, S., Pachmann, I. & Commons, M.L. (2009). Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 217-243
- Bernholt, S. (2010). Kompetenzmodellierung in der Chemie – Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos, 98
- Brückmann, M. (2009). Sachstrukturen im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos, 94
- Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I. & Ralle, B. (Hrsg.) (2008). *Chemie im Kontext – Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzeptes*. Münster: Waxmann
- Janík, T. & Seidel, T. (2009). *The Power of Video Studies in Investigating Teaching and Learning in Classroom*. Münster: Waxmann
- Lau, A. (2011). *Passung und vertikale Vernetzung im Chemie- und Physikunterricht*. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos, 124
- Rimmele, R. (2002). *Videograph. Multimedia-Player*. Kiel: IPN
- Schmidt, S. (2011). *Didaktische Rekonstruktion des Basiskonzepts ‚Stoff-Teilchen‘ für den Anfangsunterricht nach Chemie im Kontext*. Oldenburg: Universität Oldenburg
- Seidel, T., Prenzel, M. & Kobarg, M. (2005). *How to run a video study – Technical report of the IPN Video Study*. Münster: Waxmann
- Shavelson, R. J. (2007). *A brief history of student learning assessment*. Tech. rep., Washington, D.C.: Association of American Colleges and Universities

Förderung argumentativer Fähigkeiten im Physikunterricht

Kompetenzorientierter Physikunterricht beinhaltet die Förderung kommunikativer Kompetenz. Ein Aspekt ist dabei die Fähigkeit, Themen unter physikalischen Gesichtspunkten zu diskutieren und dabei physikbezogen argumentieren zu können. Argumentieren ist eine physiktypische Kommunikationskompetenz, da physikalische Erkenntnisse diskursiv begründet und empirisch belegt werden.

Im Rahmen dieser Studie soll geklärt werden, was physikbezogene argumentative Fähigkeiten sind und wie sie mit Hilfe eines Video-Tests zuverlässig gemessen werden können. Außerdem soll eine Lernsequenz zur Förderung argumentativer Fähigkeiten im Physikunterricht entwickelt und in einer experimentellen Laboruntersuchung im Pre-Post-Design mit Schülerinnen und Schülern der 9. Jahrgangsstufe evaluiert werden.

Theoretischer Hintergrund

Argumentieren wird in den deutschen Bildungsstandards für Physik (KMK, 2005) sowohl der Kommunikationskompetenz als auch der Bewertungskompetenz zugeordnet. Zur Evaluation der Standards und zur Kompetenzmessung müssen deshalb physikbezogene argumentative Fähigkeiten gemessen und bewertet werden können. Um argumentative Fähigkeiten im Physikunterricht fördern zu können, werden ein grundlegendes Schema und Prinzipien zur Förderung physikbezogener argumentativer Fähigkeiten benötigt. Grundlage für die Entwicklung eines Schemas ist die Idee, dass jeder Lernprozess strukturiert sein muss und dass es für bestimmte Lernziele unterschiedliche Lern- bzw. Tiefenstrukturen des Lernprozesses gibt (vgl. Oser & Baeriswyl, 2001).

Die Qualität einer Argumentation soll durch verschiedene Qualitätsdimensionen operationalisiert werden. Zunächst beinhalten Argumente unterschiedliche *Strukturelemente* (vgl. Toulmin, 1996). Toulmin nennt sechs verschiedene Strukturelemente, die durch ihre jeweilige Funktion innerhalb des Arguments bestimmt werden können: Behauptung, Datum, Schlussregel, Stützung, Ausnahmebedingung und Einschränkungender Operator. Durch die Art und Anzahl der vorkommenden Strukturelemente in einer Argumentation lassen sich Aussagen zur Qualität einer Argumentation machen. Die Art der vorkommenden Strukturelemente gibt zunächst Auskunft darüber, ob ein Schüler seine Behauptungen begründet und ob er seine Schlussfolgerungen offen darstellt. Sie geben aber auch Auskunft darüber, ob der Schüler die Rahmenbedingungen seiner Behauptung berücksichtigt und darüber hinaus Aussagen darüber trifft, wie sicher oder zuverlässig seine Aussagen sind.

Die Strukturelemente geben also detaillierte Information zur Qualität einer allgemeinen Argumentation, allerdings wird dabei noch nicht die *physikspezifische Qualität* der Argumente berücksichtigt. Da die Qualität eines Arguments abhängig vom Kontext der Argumentation ist (vgl. Abi-El-Mona & Abd-El-Khalick, 2011), wird zwischen fachspezifischer und alltagsnaher Informationsentnahme bei der Generierung von Argumenten unterschieden. Bei der Argumentation im naturwissenschaftlichen Kontext müssen die Argumente naturwissenschaftlichen Standards genügen, d.h., die Informationsentnahme ist physikspezifisch, wenn die Aussage auf physikalischem Wissen oder physikalischen Denk- und Arbeitsweisen beruht. Zum Wissen gehören empirisch gesichertes Wissen, Gesetze, Regeln usw. Zu den physikalischen Denk- und Arbeitsweisen gehören unter anderem das Anführen von Modellen und Analogien, das Verwenden von Experimentierdaten oder das Zitieren von Expertenaussagen. Beim Argumentieren ohne Physikbezug werden andere Wissensbestände angeführt und die Informationsentnahme oder -genese basiert auf anderen

Vorgehensweisen, z.B. dem Anführen von Normen, Werten und Emotionen, vermeintlich offensichtliche Alltagserfahrungen oder das Zitieren von Laienaussagen.

Die dritte Qualitätsdimension einer Argumentation ist die *Funktion* des Arguments. Argumente können in Bezug auf den Argumentationspartner eine bestimmte Funktion haben. Ein Argument kann zum Beispiel zur Stützung der eigenen Behauptung dienen oder zum Beispiel auch zur Widerlegung eines Arguments des Argumentationspartners. Ein Schüler argumentiert besser, wenn er nicht nur seine eigene Meinung darstellt und begründet, sondern auch auf die Meinung seines Argumentationspartners eingeht, d.h., wenn er seine Behauptungen bewertet und wenn er andere Behauptungen und Argumente stützt oder auch widerlegt. Dieses Eingehen auf den Argumentationspartner haben Osborne et al. (2004) in ihrer Studie als schwache und deutliche Widerlegungen in der Argumentation von Schülern identifiziert.

Diese drei Qualitätsdimensionen der Argumentation bilden ein Modell zur Bewertung einer Argumentation. Dieses Modell ist Grundlage für die Entwicklung eines Video-Kategorien-systems zur Analyse von Argumentationen. Bei der Auswertung einer videografierten Argumentation zweier Schüler kann so jedem Strukturelement eines Arguments eine bestimmte physikspezifische Qualität und eine bestimmte Funktion zugewiesen werden. Dadurch kann die Qualität einer Argumentation bestimmt werden. Dies soll an zwei Beispielen verdeutlicht werden:

- *Beispiel 1: „Ja, ich glaub auch, dass die große Person schneller fallen wird – weil sie schwerer ist.“*
(Kodierung: Behauptung + Datum, alltagsnahe Informationsentnahme, Bewerten und Stützen)
- *Beispiel 2: „Das kommt auf den Luftwiderstand drauf an, wenn du zum Beispiel eine Kugel aus Styropor und eine Kugel aus Blei fallen lässt, kommen beide gleich schnell unten an.“*
(Ausnahmebedingung + Stützung, fachspezifische Informationsentnahme, Darstellen und Begründen)

Die folgende Tabelle zeigt die Einordnung der zwei Beispiele:

Strukturelement	Qualität		Funktion		
	Fachspezi-fische Informations-entnahme	Alltagsnahe Informations-entnahme	Darstellen und Begrün-den	Bewerten und Stützen	Widerlegen
Behauptung		Bsp. 1		Bsp. 1	
Datum		Bsp. 1		Bsp. 1	
Schlussregel					
Stützung	Bsp. 2		Bsp. 2		
Ausnahmebedingung	Bsp. 2		Bsp. 2		
Einschränkender Operator					

Tab. 1: Einordnungsbeispiele bei der Kodierung einer Argumentation

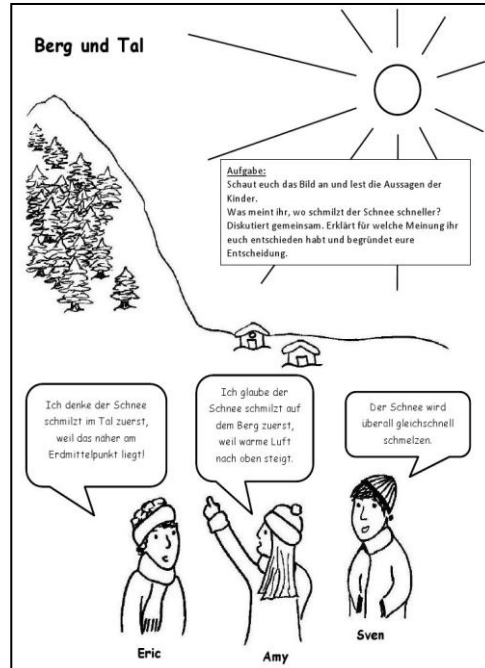
Forschungsdesign und Instrumente und Methoden

Die Studie wird mit Schülerinnen und Schülern der 9. Jahrgangsstufe an Realschulen durchgeführt. Für die Vorstudie, in der der Video-Test und das Kategoriensystem evaluiert wurden, nahmen 40 Schüler teil, die zu zweit videografiert wurden (Videos: $n_V = 20$). In der Hauptstudie sollen 200 Schüler teilnehmen. In einer experimentellen Laboruntersuchung werden die Schüler im Pre-Post-Test-Design zu zweit videografiert, während sie ein physikalisches Problem diskutieren (Videos: $n_V = 100$). Zusätzlich zum Video-Test wird ebenso im Pre-Post-Design ein Paper-Pencil-Test verwendet. Zur Intervention wird die

Lernsequenz in einem Zeitraum von zwei Wochen mit insgesamt acht Unterrichtseinheiten unterrichtet.

Grundlage für den Video-Test bilden unterschiedliche Concept Cartoons (vgl. Kraus & Von Aufschnaiter, 2005). Schüler diskutieren zu zweit ein physikalisches Problem, das durch den Cartoon vorgegeben wird (s. Abb. 1).

Die Diskussion der Schüler wird video-grafiert und transkribiert, die Analyse erfolgt mit dem entwickelten Kategoriensystem zur Bestimmung der Qualität einer Argumentation. Die Validierung des Kategoriensystems erfolgte durch Bestimmung der Intercoder-Reliabilität, wobei befriedigende Ergebnisse erreicht werden konnten (Gesamtübereinstimmung der Kodierer: 85,77% aller kodierten Sequenzen, $n_S = 2875$). Der schriftliche Test besteht aus ausgewählten Items zur Argumentation aus einem Kommunikationskompetenztest des Projekts ESNaS (Evaluation der Standards in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I). Etwa 40 Items werden zur Validitätsanalyse des Video-Tests in einer Korrelationsstudie verwendet.



Die Auswertung der Videos sowie auch ein Teil der Entwicklung des Kategoriensystems für den Video-Test werden anhand der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) durchgeführt. Die gewonnenen Daten werden statistisch anhand der Varianzanalyse geprüft.

Ausblick

Zur Entwicklung der Lernsequenz werden verschiedene Studien zur Förderung argumentativer Kompetenz analysiert und auf gemeinsame Aspekte verglichen. Aus den daraus gewonnenen Bausteinen soll eine Lernsequenz auf Tiefenstrukturbasis zur Förderung argumentativer Kompetenzen im Physikunterricht entwickelt und evaluiert werden.

Literatur

- Abi-El-Mona, I. & Abd-El-Khalick, F. (2011). Perceptions of the Nature and 'Goodness' of Argument among College Students, Science Teachers, and Scientists.
- Kraus, M. & Aufschnaiter, C. von (2005). Physikalisch Argumentieren lernen. Methoden zur Förderung der diskursiven Kompetenz. *Unterricht Physik*, 16 (87).
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München: Luchterhand
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz
- Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (10), 994-1020
- Oser, F. & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of Teaching. Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Hrsg.), *Choreographies of teachings. Bridging Instruction to Learning*. Washington: American Educational Research Association, 1031-1065
- Toulmin, S. E. (1996). *Der Gebrauch von Argumenten*. 2. Aufl. Weinheim: Beltz, Athenäum

Fachwissen, Sachstruktur und Lernerfolg im Physikunterricht

Motivation

Die DPG Studie „Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik“ (Berg et al., 2006) zeigt auf, dass die beruflichen, fachlichen Anforderungen von späteren Physiklehrkräften konträr zu denen von Fachphysikerinnen und -physikern liegen. Die momentane universitäre fachliche Ausbildung von Lehrkräften zeigt aber eine große Deckung mit der fachlichen Ausbildung von Fachphysikerinnen und -physikern. Im Detail beträgt das Verhältnis im Lehramtsstudium in Credit Points von Fachvorlesungen zu fachdidaktischen Vorlesungen ca. 80 % zu 20 %, wobei die meisten Fachveranstaltungen zusammen mit den Fachphysikstudierenden belegt werden. Der große Anteil und die Ausrichtung der Fachvorlesungen wirft dabei die Frage auf, welchen Einfluss das Fachwissen einer Lehrkraft auf die Qualität des Unterrichts und die Schülerleistung besitzt?

Projekt

Das BMBF-Projekt ProwiN („Professionswissen in den Naturwissenschaften“) hat für die Fächer Biologie, Chemie und Physik in der ersten Projektphase jeweils Testinstrumente des Professionswissens für Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen entwickelt. Diese Instrumente werden nun in der zweiten Projektphase im Rahmen einer Videostudie genutzt, um Zusammenhänge zwischen dem Professionswissen und dem Lehrerhandeln im Unterricht sowie dessen Einfluss auf den Lernzuwachs bei Schülerinnen und Schülern sowie deren Motivation zu untersuchen (Borowski et al., 2010). Die hier vorgestellte Studie ist in der zweiten Phase des Fachbereichs Physik verortet.

Theorie

Professionswissen gilt als eine Voraussetzung für guten Unterricht (Abell, 2007). Auf Grundlage von Shulmans (1987) Vorschlag, haben sich im Wesentlichen drei Dimensionen von Professionswissen von Lehrkräften herausgearbeitet: Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen. Hierbei wird ein Zusammenhang zwischen dem Professionswissen einer Lehrkraft und ihrem Handeln im Unterricht bzw. der Qualität ihres Unterrichts angenommen (Fischler, 2008). Dennoch existieren über die Zusammenhänge zwischen Unterrichtsqualität und Professionswissen nur wenige empirische Belege. Da, wie oben skizziert, das Fachwissen einen maßgeblichen Anteil in der Ausbildung von Physiklehrkräften besitzt, fokussiert der Beitrag im Folgenden auf die Dimension des Fachwissens. Unter einem hoch ausgeprägten Fachwissen ist eine hohe Vernetzung von Wissen, ein fundiertes Wissen über Fachinhalte, Argumentations- und Begründungskompetenz für Zusammenhänge innerhalb des Faches zu verstehen (Shulman, 1987). Bei den von Woitkowski et al. (2011) benannten Niveaustufen für Fachwissen korrespondiert dieses Wissen mit dem vertieften Wissen einer Lehrkraft, welches sich zum Teil in der Sachstruktur einer Unterrichtsstunde widerspiegelt. Die dem Unterricht bzw. Unterrichtshandeln der Lehrkraft zugrundeliegende Sachstruktur ist keine direkte Projektion der Sachstruktur der Lehrkraft. Nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012) wird die Sachstruktur der Physik zunächst von der Lehrkraft auf elementare Ideen der in Rede stehenden Sache elementarisiert. Auf Basis der elementaren Ideen wird die Sachstruktur für den Unterricht konstruiert. Duit (2012) bemängelt, dass die rekonstruierte Sachstruktur oft als Reduktion betitelt wird, was jedoch nicht den Anforderungen an Unterricht entsprechen kann. Die Sachstruktur des Unterrichts ist in vieler Hinsicht

komplexer, da sie den Bedürfnissen der Lernenden gerecht werden muss. Die Handlungskompetenz der Lehrkraft im Unterricht wird daher durch ein entsprechend strukturiertes vertieftes Wissen und nicht durch das universitäre Wissen bedingt. Beim Prozess der fachlichen Klärung und Elementarisierung müssen ebenso die Ziele des Unterrichts mit in Betracht gezogen werden. Bei einer Einordnung der Anforderungen einer solchen didaktischen Rekonstruktion in die verschiedenen Facetten des Professionswissens zeigt sich, dass dieser rekonstruierende Prozess nicht vom Fachwissen allein geleitet ist. Das fachdidaktische Wissen vermittelt die Kenntnisse über Schülerkognitionen sowie Kenntnisse über Instruktions- und Vermittlungsstrategien (Park & Oliver, 2008). Baumert et al. (2010) konnten für das Fach Mathematik zeigen, dass Unterrichtsqualität, operationalisiert als kognitive Aktivierung und individuelle Lernunterstützung, mit dem fachdidaktischen Wissen und nicht mit Fachwissen korreliert (die Sachstruktur wurde bei dieser Studie nicht betrachtet, da der Unterricht aufgrund von Aufgaben rekonstruiert wurde). Bei dieser Betrachtung bietet das Fachwissen aber den möglichen Raum für die Entwicklung von fachdidaktischen Wissen. Die Qualität der Sachstruktur des Unterrichts spiegelt somit sowohl Facetten des Fachwissens als auch fachdidaktischen Wissens wieder. Das Abbilden der Sachstruktur aus videographierten Unterrichtsstunden ist mit Hilfe von Sachstrukturdiagrammen möglich (Brückmann, 2009). Die Tiefenstruktur des Unterrichts und nicht die Sichtstruktur erhöhen den Lernerfolg der Schüler und Schülerinnen. (Seidel & Prenzel, 2006). Somit müssen sich die Dimensionen eines qualitativen Maßes der Sachstruktur aus Tiefenstrukturmerkmalen definieren.

Forschungsfragen

Die hier vorgestellte Arbeit beschäftigt sich mit der zentralen Frage: Was ist der Einfluss von Fachwissen und fachdidaktisches Wissen auf das Unterrichtshandeln und den Lernerfolg?

FF1: Welchen Einfluss haben Fachwissen und fachdidaktisches Wissen auf die Qualität der dem Unterrichtshandeln zugrundeliegenden Sachstruktur – nach den Kriterien „Schülergerecht“, „Fachgerecht“ und „Zielgerecht“?

FF2: Wie beeinflusst die Qualität des Unterrichtshandelns – im Sinne einer „schülergerechten“, „fachgerechten“ und „zielgerechten“ Sachstruktur – den Lernerfolg der Schüler und Schülerinnen?

FF3: Ist Unterrichtshandeln ein Mediator für den Einfluss von Professionswissen auf Schülerleistung?

Stichprobe und Design

Die Stichprobe umfasst 40 festangestellte Physiklehrerkräfte und ihre zugehörige Klassen der Jahrgangsstufe 8 oder 9 an Gymnasium oder Gesamtschule. Das Professionswissen der Lehrkräfte wird durch einen Papier-und-Bleistift Test (Kirschner et al., 2011) erhoben. Der Lernerfolg der Schüler und Schülerinnen wird im Prä-Post-Design vor und nach dem Inhaltsgebiet Mechanik gemessen (Cauet et al., 2011). Als Kontrollvariablen dienen hier die kognitiven Fähigkeiten, das Fachinteresse, naturwissenschaftsbezogene Motivation und Selbstkonzeption der Schülerinnen und Schüler. Pro Lehrkraft werden zwei Unterrichtsstunden (je nach Schule 45-90 min) zur Einführung zum Themenfeld „Einführung des Kraft-Begriffes“ videographiert. Die erste Videoaufnahme ist stets die einführende Stunde zum Kraft-Begriff und umfasst ein Lehrerexperiment. Die zweite Aufnahme ist die jeweilige direkte Folgestunde. Nach jeder Stunde wird mittels Fragebogen die aktuelle Motivation der Schülerinnen und Schüler erhoben.

Analyseschwerpunkt

In den Videos soll das Unterrichtshandeln, angelehnt an Brückmann (2009), durch

Sachstrukturdiagramme abgebildet werden. Die einzelnen Inhaltsblöcke des Sachstrukturdiagramms dienen als Ereignisse für qualitative Ratings nach den abgeleiteten Dimensionen „Schülergerecht“, „Fachgerecht“ und „Zielgerecht“ (Duit et al., 2012). Die Unterdimensionen von „Schülergerecht“ werden operationalisiert als Provokation kognitiver Dissonanzen, Problemlösen auf hohem kognitivem Niveau, Aktivierung des Vorwissens und Exploration des Denkprozesses (Hugener, Pauli & Reusser, 2007). Unter der Kategorie „Fachgerecht“ wird die Richtigkeit des didaktischen rekonstruierten Inhalts bewertet und die Nutzung von Fach- und Alltagssprache analysiert (Duit et al., 2012; Härtig, Pehlke, Fischer & Schmeck, 2012; Kulgemeyer & Schecker, 2009). Unter dem Aspekt „Zielgerecht“ wird die Zielorientierung der Sachstruktur bewertet (Seidel et al., 2006).

Literatur

- Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. In S. K. Abell & N. G. Ledermann (Hrsg.), *Handbook of research on science education*. Bd. 36. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1105-1149
- 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
- Berg, G., Demtröder, W., Euler, M., Fick, D., Großmann, S. & Haase, A. et al. (Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V., Hrsg.) (2006). *Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik*. Zugriff am 25.09.2012. Verfügbar unter http://www.dpg-physik.de/static/info/lehramtsstudie_2006.pdf
- Borowski, A., Neuhaus, B.J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H.E., Leutner, D., Sandmann, A. & Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 341-349
- Brückmann, M. (2009). *Sachstrukturen im Physikunterricht*. Bd. 94. Berlin: Logos-Verlag
- Cauet, E., Kirschner, S., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2011). Schülerleistungstest Mechanik für Gymnasien und Gesamtschulen 8. Klasse. In H. E. Fischer (Hrsg.), *Instrumente fachdidaktischer Unterrichtsforschung Bd. 1 (Instruments of Educational Research Vol. I)*.
- 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 J. Dillon & D. Jorde (Hrsg.), *The world handbook of science education. Handbook of research in Europe*. Rotterdam, Boston, Taipei: SENSE
- Fischler, H. (2008). Physikdidaktisches Wissen und Handlungskompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 51-55
- Härtig, H., Pehlke, C., Fischer, H. E. & Schmeck, A. (2012). Sind Fachsprache und Fachwissen bezogen auf Physik unterscheidbar? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18
- Hugener, I., Pauli, C. & Reusser, K. (2007). Inszenierungsmuster, kognitive Aktivierung und Leistung im Mathematikunterricht. In D. Lemmermöhle, M. Rothgangel, S. Bögeholz, M. Hasselhorn & R. Watermann (Hrsg.), *Professionell lehren - erfolgreich lernen*. Münster: Waxmann, 109-121
- Kirschner, S., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2011). *Das Professionswissen von Physiklehrkräften: Ergebnisse der Hauptstudie*. GDCP Jahrestagung.
- Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2009). Kommunikationskompetenz in der Physik: Zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kommunikationsbegriffs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 131-153
- Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Res Sci Educ*, 38 (3), 261-284
- Rakoczy, K. & Pauli, C. (2006). Hoch inferentes Rating: Beurteilung der Qualität unterrichtlicher Prozesse. In E. Klieme, C. Pauli & K. Reusser (Hrsg.), *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis"* (Materialien zur Bildungsforschung, Bd. 15). 206-233
- Seidel, T. & Prenzel, M. (2006). Stability of teaching patterns in physics instruction: Findings from a video study. *Learning and Instruction*, 16 (3), 228-240
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmle, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M. & Schwindt, K. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52 (6), 799-821
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundation of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1-22
- Woitkowski, D., Riese, J. & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 289-313

Entwicklung und Evaluation einer videogestützten Lehrerfortbildung

Insbesondere seit der Einführung von Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (u. a. KMK, 2005) sind Lehrkräfte mit steigenden Anforderungen in Bezug auf kompetenzorientiertes Unterrichten sowie individualisierte Diagnostik und Förderung konfrontiert. Zur Unterstützung eines Kompetenzaufbaus in diesen Bereichen ist die Entwicklung und Evaluation eines videogestützten Fortbildungsprogramms für Physiklehrkräfte geplant. Im Rahmen der Fortbildung werden Fragen der Diagnostik im Physikunterricht und einer kompetenzorientierten Förderung behandelt. Das Fortbildungsprogramm bezieht dabei Videoaufzeichnungen von Schülerinnen und Schülern beim Bearbeiten physikbezogener Aufgaben in das Konzept mit ein.

Fachdidaktisches Wissen und Konzeptaufbau

Fachdidaktisches Wissen wird als integraler Wissensbereich der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften angesehen (Baumert & Kunter, 2006). Seit der Unterscheidung verschiedener Wissensdomänen von Lehrkräften durch Shulman (1986) wurden zahlreiche Versuche unternommen, den Bereich des Pedagogical Content Knowledge (PCK) in seinen Bestandteilen zu fassen (u. a. Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Park & Oliver, 2008). Sowohl bei Magnusson und Kollegen (1999) als auch bei Park und Oliver (2008) finden sich als Komponenten von PCK unter anderem Wissen über das konzeptuelle Verständnis von Schülerinnen und Schülern sowie Wissen über Instruktionsstrategien.

Der angemessene Einsatz von Instruktionsstrategien erfordert auch Kenntnisse über den Aufbau wissenschaftlich angemessener Konzepte im Lernprozess. Vosniadou und Brewer (1992) sowie v. Aufschnaiter und Rogge (2010) beschreiben, dass dieser Aufbau langsam und sukzessive mit Zwischenschritten verläuft. Die während des Konzeptaufbaus ablaufende Kompetenzentwicklung lässt sich dabei über Konzeptualisierungsniveaus beschreiben (v. Aufschnaiter & Rogge, 2010): Zunächst ist das Verhalten der Lernenden durch Exploration geprägt, bevor sich ein intuitiv regelbasiertes Verständnis der zu erlernenden Konzepte entwickelt. Explizierungen der Konzepte sind erst auf der höchsten Niveaustufe zu beobachten. Hier lässt sich ein explizit regelbasiertes Vorgehen mit phänomenologischem oder modellhaftem Bezug unterscheiden.

Videoeinsatz in der Lehrerbildung

Videoaufzeichnungen sind schon seit mehreren Jahren ein gängiges Medium, sowohl in der Unterrichts- und Schulforschung als auch in allen Phasen der Lehrerbildung (Brophy, 2004; Fischer & Schratz, 2005). Durch den Videoeinsatz ist im Rahmen Lehrerbildungen ein situiertes Lernen möglich, das die Verständigung über Lehr-Lernprozesse und unterrichtsbezogene Handlungsmuster erleichtert (Reusser, 2005).

In ihren individuellen Ausprägungen stellen sich die verschiedenen Szenarien des Videoeinsatzes in der Forschung im Bereich der Lehrerbildung sehr unterschiedlich dar. Jedoch ist anhand des folgenden Rasters (Abbildung 1) eine Einteilung bezüglich einiger zentraler Aspekte möglich. Grundsätzlich lässt sich der Einsatzzweck unterscheiden: Videos können zum Training von Lehrkräften oder aber zur Messung von deren Kompetenzen in verschiedenen Bereichen eingesetzt werden.

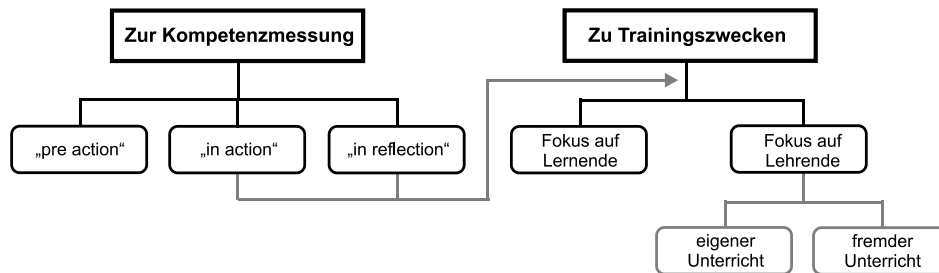


Abb. 1: Möglichkeiten zur Einordnung des Einsatzes von Videos in der Lehrerbildung.

Im Rahmen von Kompetenzmessungen können Videoaufzeichnungen von Lehrkräften während verschiedener Phasen aufgenommen werden: während der Planung („pre action“), der Durchführung („in action“) oder der Reflexion („in reflection“) von Unterricht. In den Phasen der Durchführung und Reflexion lässt sich weiterhin differenzieren, ob der Fokus der eingesetzten Aufnahmen, je nach Forschungsinteresse, auf den Lernenden oder den Lehrenden liegt. Beim Einsatz zum Training von Lehrkräften ist es ebenfalls möglich zu unterscheiden, auf welchen Akteuren der Fokus liegt. Weiterhin kann bei einem Videoeinsatz zu Trainingszwecken mit Fokus auf die Lehrenden zwischen Aufnahmen des eigenen und fremden Unterrichts unterschieden werden.

Konzeption der Fortbildung

Empirische Studien geben Hinweise darauf, dass Fortbildungen erfolgsversprechend sind, wenn Lehrkräfte „zu einer gezielten Beobachtung und Analyse der Lernprozesse und Lernergebnisse der Schüler angeregt werden und wenn sie intensiv über ihr unterrichtliches Handeln und die Verbindung zwischen ihrem Handeln und dem Lernen der Schüler nachdenken“ (Lipowsky, 2011, S. 410). Weiterhin deuten Befunde darauf hin, dass Wissen nicht als Voraussetzung von Handeln angesehen werden kann, sondern Wissen vielmehr aus Handeln folgt. Bevor Lehrkräfte fachdidaktische Konzepte verstehen bzw. für das eigene Handeln nutzen können, müssen die Konzepte aus der Verallgemeinerung vieler Fälle zumindest intuitiv erfasst worden sein (v. Aufschnaiter, 2007).

Videos von Schülerinnen und Schülern bei der Bearbeitung physikbezogener Lernaufgaben (vgl. Abb. 1, „Fokus auf Lernende“) sowie die Aufgaben selbst bilden einen wesentlichen Teil der Fortbildung. Anhand dieser „Fallbasis“ sollen sich Lehrkräfte unter Anleitung sowohl Aspekte der Diagnostik als auch der Förderung erschließen. Die Nutzung solcher Prozessdaten soll es den Lehrkräften ermöglichen, den individuellen Stand von Schülerinnen und Schülern in ihrer Kompetenzentwicklung zu diagnostizieren und den weiteren Lernprozess entsprechend zu fördern, indem Lernangebote gemäß der Diagnostik angepasst werden.

Da Befunde darauf hindeuten, dass eher langfristig angelegte Maßnahmen Erfolg für den Lernzuwachs von Schülerinnen und Schülern bringen (Lipowsky, 2011), ist für die geplante Fortbildung ein Umfang von sechs Terminen innerhalb eines halben Jahres zu unterschiedlichen Schwerpunkten angesetzt. Zunächst sollen die Lehrkräfte über die Analyse von Lernmaterial sensibilisiert werden, wie dieses den Aufbau von Konzepten über die Variation von Fällen anlegt. In einem nächsten Schritt werden den Lehrkräften Videosequenzen von Schülerinnen und Schülern beim Bearbeiten des entsprechenden Lernmaterials präsentiert. Insbesondere sollen sie selbst erfahren, dass Schülerinnen und Schüler eine iterative und nicht lineare Lerndynamik zeigen. Die Lehrkräfte werden dabei angeregt, die beobachteten Prozesse in Hinblick auf Konzeptualisierungsniveaus zu unterscheiden. Hierzu erhalten sie die Möglichkeit viele Fälle in den entsprechend zusammengestellten Videoaufzeichnungen zu erkunden, um so ein intuitives Verständnis der Lernprozesse der Schülerinnen und

Schüler entwickeln zu können. Ergänzend wird durch Beobachtungsaufträge zwischen den einzelnen Sitzungen der Fortbildung eine unmittelbare Verzahnung mit dem Unterrichtsalltag der teilnehmenden Lehrkräfte hergestellt. Gegen Ende der Fortbildung sollen die gewonnen Erkenntnisse genutzt werden, um in Teams eigenständig eigene Unterrichtsbausteine zu entwickeln, zu erproben und deren Wirkung auf das Lernen von Schülerinnen und Schülern zu erkunden.

Die Erfassung der Kompetenzen der Lehrkräfte erfolgt unter der Grundannahme der Unterscheidbarkeit von PCK und Fachwissen. Es sollen neben einer Pre-Post-Testung mit etablierten Instrumenten vor allem Videoaufzeichnungen von den Lehrkräfte während der Arbeitsphasen (insbesondere „in reflection“, Abb. 1 links) eingesetzt werden. Mit Videoaufzeichnungen während der Planung eines Unterrichtsbausteins, dessen Durchführung sowie Reflexion werden alle in Abbildung 1 unterschiedenen Phasen zur späteren Auswertung dokumentiert.

Vorläufige Forschungsfragen

Mit der beschriebenen Kompetenzerfassung soll u. a. den folgenden Fragen nachgegangen werden:

- Welche Elemente der Fortbildungsmaßnahme werden von Lehrkräften produktiv genutzt, welche entfalten wenig Wirkung?
- Lassen sich die Lernprozesse von Lehrkräften analog zu denen von Schülerinnen und Schülern mithilfe von Konzeptualisierungsniveaus beschreiben?
- Lässt sich ein Aufbau von PCK in den Facetten „konzeptuelles Verständnis von Schülerinnen und Schülern“ sowie „Instruktion“ mit etablierten Instrumenten nachweisen?
- Wie schätzen die teilnehmenden Lehrkräfte die Praxisrelevanz, den Ablauf der Fortbildungsmaßnahme und ihren Kompetenzaufbau ein?
- Zeigen die Selbsteinschätzungen Zusammenhänge mit den Erhebungsdaten?

Literatur

- Aufschnaiter, C. v. (2007). Lernprozessorientierung als wesentliches Element von Lehrerbildung. In D. Lemmermöhle, M. Rothgangel, S. Bögeholz, M. Hasselhorn & R. Watermann (Hrsg.), *Professionell lehren - erfolgreich lernen*. Münster: Waxmann, 53-64
- Aufschnaiter, C. v. & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 95-114
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469-520
- Brophy, J. (2004). *Using video in teacher education*. Oxford: Elsevier
- Fischer, D. & Schratz, M. (2005). Videos in der LehrerInnenbildung. *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 5 (2), 4-7
- KMK (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand
- Lipowsky, F. (2011). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und Weiterbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*. Münster: Waxmann, 398-417
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of Pedagogical Content Knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. Lederman (Hrsg.), *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Dordrecht, Niederlande: Kluwer, 95-132
- Park, S. & Oliver, J. (2008). Revisiting the conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38 (3), 261-284
- Reusser, K. (2005). Situiertes Lernen mit Unterrichtsvideos. *Unterrichtsvideografie als Medium des situierten beruflichen Lernens*. *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 5 (2), 8-18
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24 (4), 535-585

Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung experimenteller Untersuchungsmethoden

Einleitung

Aufgrund des nach den internationalen Vergleichsstudien (PISA, TIMSS) gestiegenen Qualitäts- und Professionalitätsbewusstseins werden auch die Qualifikation der Lehrkräfte und damit die Evaluation von Lehrerfortbildungen immer bedeutsamer (Haenisch, 1990). Durch die Überprüfung der Effektivität von Fortbildungen können zukünftige Fortbildungsprozesse verbessert werden. Evaluationen helfen dabei, kontinuierlich Rückmeldung über den Kompetenzzuwachs der Teilnehmenden zu erhalten und bisher nicht erkannte Möglichkeiten der Optimierung aufzudecken. Ziel ist eine Steigerung der Lehrerprofessionalität durch Fortbildungen, womit letztendlich die Verbesserung des Unterrichts intendiert wird (Lipowsky & Rzejak, 2012).

Forschungsprojekt: Zielsetzung, Testinstrumente und Design

Es wird eine Lehrerfortbildung entwickelt und evaluiert, deren Ziel es ist, diejenigen Kompetenzen der Chemielehrkräfte zu fördern, die für die Vermittlung von Kompetenzen auf Schülerseite im Bereich der Erkenntnisgewinnung bedeutsam sind. Dafür wird eine eintägige Fortbildung für Lehrkräfte der Sekundarbereiche I und II konzipiert. Ziel des Projektes ist es zu untersuchen, inwiefern die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Inhalte der Fortbildung bei der Erstellung von Unterrichtsmaterialien umsetzen und wie sie diese in ihren Unterricht implementieren. Ebenfalls soll erforscht werden, ob sich die Einstellung und fachdidaktische Reflexion zum Experimenteinsatz durch die Fortbildung ändern.

Für die Beantwortung dieser Forschungsfragen wurden verschiedene Testinstrumente entwickelt. Es wurde unter anderem ein Einstellungsfragebogen erstellt, der sich inhaltlich auf die Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges bezieht. Dieser wird sowohl vor als auch nach der Fortbildung eingesetzt.

Ein weiterer, von Tepner, Backes und Sumfleth (unveröffentlicht) konzipierter Test soll untersuchen, ob sich das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte durch die Fortbildung ändert, indem Unterrichtssituationen beschrieben werden, die sich ebenfalls mit dem Einsatz von Experimenten beschäftigen. Diese sollen von den Lehrkräften eingeschätzt und beurteilt werden. Auch diese Befragung findet im Pre-/Posttest-Design statt.

Zusätzlich wird im Anschluss an die Fortbildung erhoben, wie die Lehrkräfte die Inhalte der Veranstaltung einschätzen und ob sie sich vorstellen können, diese in ihrem Unterricht einzusetzen. Ebenfalls wird die Zufriedenheit der Teilnehmenden erfragt, um die Fortbildung zu optimieren.

Während der Veranstaltung wird mittels Videographie die Materialerstellung durch die Lehrkräfte erfasst, um zu analysieren, inwiefern dabei die Inhalte der Fortbildung berücksichtigt werden.

Nach der Fortbildung wird der Chemieunterricht einiger Lehrkräfte beobachtet und videographiert, um zu untersuchen, ob und in welcher Weise die Inhalte der Veranstaltung im Unterricht eingesetzt werden.

Insgesamt ist ein Stichprobenumfang von etwa 100 Fortbildungsteilnehmerinnen und -teilnehmern und 10 bis 15 videographierten Unterrichtsstunden geplant.

Inhalte der Lehrerfortbildung

Theoretischer Hintergrund

In den für Deutschland festgelegten Bildungsstandards ist für das Fach Chemie unter anderem der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung verankert. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Fähigkeit besitzen, naturwissenschaftliche Fragestellungen zu erkennen und diese hypothesengeleitet mit Experimenten zu untersuchen (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005). Als Grundlage für das experimentelle Arbeiten kann das SDDS-Modell (Scientific Discovery as Dual Search) von Klahr und Dunbar (1988) herangezogen werden, welches die drei Phasen *Suche im Hypothesenraum*, *Testen von Hypothesen* und *Analyse von Evidenzen* unterscheidet. Schülerinnen und Schüler müssen demnach lernen, hypothesengeleitet Experimente zu planen, durchzuführen und anschließend Schlussfolgerungen zu ziehen.

Erfahrungen mit dem Einsatz von Schülerexperimenten haben gezeigt, dass das häufige *kochbuchartige* Abarbeiten von Versuchsvorschriften die Auseinandersetzung der Lernenden mit dem Experiment erschwert und sie keine gedankliche Eigenleistung aufbringen müssen, um den Versuch *erfolgreich* zu bewältigen (Hofstein & Lunetta, 2004; Hüpf, 2007). Ebenfalls erkennen die Schülerinnen und Schüler häufig nicht den Zusammenhang zwischen Experiment und Unterrichtsinhalt (Lunetta, 1998).

Damit diese Schwierigkeiten überwunden werden und die Lernenden Erkenntnisse aus Experimenten gewinnen können, ist es wichtig, dass sie in die Planung, Durchführung und Auswertung einbezogen werden. Sie sollen selbstständig experimentieren und dabei die Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges durchlaufen. Da dies den Lernenden häufig schwerfällt (Wahser & Sumfleth, 2008), wurde eine Einsatzvariante für Experimente entwickelt, bei der eine Unterstützung durch Strukturierungshilfen und Lehrer-Feedback stattfindet (Walpuski & Sumfleth, 2007; Wahser & Sumfleth, 2008).

Diese Herangehensweise hat positive Lernerfolge gezeigt (ebd.) und soll demnach Gegenstand der Fortbildung sein.

Strukturierungshilfen

Um den Vorgang des selbstständigen Experimentierens zu optimieren, werden verschiedene Materialien zur Strukturierung eingesetzt (Walpuski & Sumfleth, 2007; Wahser & Sumfleth, 2008). Ein Flussdiagramm, das die Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges veranschaulicht, kann von den Schülerinnen und Schülern zur Problemlösung verwendet werden. Des Weiteren wurde ein Laborjournal entwickelt, das die einzelnen Schritte des Flussdiagrammes aufgreift und diese schülergerecht gestaltet. Damit eine Balance zwischen eigenständigem und geleitetem Experimentieren ermöglicht wird, wird den Lernenden eine Materialauswahl zur Verfügung gestellt, die zuvor von der Lehrkraft gestaltet wird. Dabei sollten mehrere Lösungswege berücksichtigt werden, damit die Lernenden gezielt auswählen müssen, welche Materialien sie für die Durchführung ihres Experiments benötigen. Unterstützt werden sie durch Informationskarten, die für die Problemlösung eingesetzt werden können.

In der Fortbildung haben die Lehrkräfte die Möglichkeit sich mit den Strukturierungshilfen auseinanderzusetzen und selbstständig Materialien für eine Unterrichtseinheit zu entwickeln. Da sich gezeigt hat, dass die Schülerinnen und Schüler die Strukturierungshilfen erst anwenden, wenn zuvor ein Strukturierungstraining stattgefunden hat (Wahser & Sumfleth, 2008), wird auch dieses in der Fortbildung vorgestellt und diskutiert.

Lehrer-Feedback

Es haben sich weitere Lernerfolge beim selbstständigen Experimentieren gezeigt, wenn die Schülerinnen und Schüler durch ein Lehrer-Feedback unterstützt werden (Walpuski & Sumfleth, 2007; Wahser & Sumfleth, 2008). Nach Rückfrage durch die Lernenden bringt

sich die Lehrkraft in die Experimentierphase ein und kann auf diese Weise ein Feedback geben.

Nachdem die Schülerinnen und Schüler selbstständig experimentiert haben, können sie ihre Ergebnisse mit einem Lehrervortrag abgleichen, der eine Art Musterlösung darstellt.

Die Feedback-Formen werden in der Fortbildung vorgestellt und an ausgewählten Beispielen geübt.

Literatur

- Haenisch, H. (1990). Evaluation in der Lehrerfortbildung: Ziele, Verfahrensweisen, Beispiele. Forum Lehrerfortbildung, 17, 5-51
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. Science Education, 88, 28-54
- Hüpf, M. (2007). Problemorientierte Schülerexperimente. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen. Bd. 68. Berlin: Logos Verlag
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. Cognitiv Science, 12 (1), 1-48
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2012). Lehrerinnen und Lehrer als Lerner – Wann gelingt der Rollentausch? Merkmale und Wirkungen wirksamer Lehrerfortbildungen. Schulpädagogik heute, 5 (3), 1-17
- Lunetta, V. N. (1998). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Hrsg.), International Handbook of Science Education. Dordrecht (NL): Kluwer Academic Publishers, 249-262
- 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). München: Luchterhand
- Tepner, O., Backes, A. & Sumfleth, E. (unveröffentlicht). Test zum fachdidaktisch-experimentellen Wissen von Chemielehrkräften.
- Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 14, 219-241
- Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2007). Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 13, 181-198

Vom Wissen zu(m) Handeln: Ein Bildungstraum?

Einleitung

Dies ist ein theoretischer Artikel zur *Professionalisierung von Lehrpersonen*, einem Teilaspekt der – kurz vor Beginn stehenden – Evaluation des Schulmodellversuchs Swiss Science Education (SWiSE, Naturwissenschaftliche Bildung Schweiz). SWiSE beabsichtigt, den Erwerb und die Umsetzung von Kompetenzen bei Lehrpersonen durch lernbegleitende Fortbildung und individuelles Coaching zu fördern. Mit 120 Lehrpersonen im Bereich Primar- und Sekundarstufe I der Deutschschweiz wird der Frage nachgegangen, wie individuelles Coaching zur Entwicklung und Anwendung professioneller Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht beiträgt.

Im Naturwissenschaftsunterricht sollten Schülerinnen und Schüler durch selbstständiges, forschendes und wissensbasiertes Handeln brauchbare Problemlösungen konstruieren und einen Lerneffekt erzielen. Die Lehrkraft sollte dabei auf „extensive scaffolding and guidance“ (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007, S. 99; Kirschner, Sweller & Clark, 2006; Savery, 2006) zurückgreifen, ohne jedoch die Problemlösung vorzugeben oder die Entdeckungsmöglichkeiten durch zu starke Strukturierung einzuschränken (Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann & Blumberg, 2006; Reiser, 2004). Häufig ist dies jedoch im Unterricht niedriger Klassenstufen der Fall (Banchi & Bell, 2008) und dient dadurch allenfalls zum Aufbau deklarativen Wissens und nicht zur Weiterentwicklung und kreativen Anwendung von Kompetenzen. Offenere und intrinsisch motivierende Lernarrangements erscheinen förderlich für vernetzende Wissensstrukturen und deren Anwendung. Deci und Ryan beschreiben dies in Bezug zur Selbstbestimmungstheorie (SDT) der Motivation so:

„By learning what to do to get rewards and by doing just what the teacher wants, children can become overachievers, but they will fail to develop the capacity to transform their learning into flexible, useful cognitive structures. They will memorize well, but they will not develop their capacity to think creatively“ (Deci & Ryan, 1990, S. 246f.).

In ähnlicher Weise kann dies auch auf herkömmliche Weiterbildung und Kompetenzentwicklung bei Lehrkräften übertragen werden. *Träges Wissen* und *die Kluft zwischen Wissen, Vorsatz und Handeln* sind dabei immer wiederkehrende Problematiken in der Lehrerfortbildung und in Bezug auf das Transferproblem fassen Gerstenmaier & Mandl (2000, S. 13) zusammen: *„Nicht nur die Frage, wie Wissen repräsentiert ist, sondern auch die Art, wie es erworben wurde, wirkt sich auf die Umsetzung in Handeln aus“*. Analog zu dieser Aussage und zur SDT basiert die Lehrpersonenprofessionalisierung in SWiSE auf der Annahme, dass eine persönliche, individuell gestaltbare Beratung von Lehrkräften innerhalb ihrer eigenen Schule durch Experten und Expertinnen der Fachdidaktik über die Dauer von ca. drei Jahren dazu führt, dass gecoachtes Wissen leichter und vergleichsweise sanft in das Unterrichtshandeln einfließen kann. Der Wissenserwerb kann somit von der Lehrperson selbst gesteuert werden und ist stets nahe am authentischen Verwendungskontext angesiedelt. Hierdurch vermuten wir eine nachhaltige Kompetenzentwicklung auf kognitiver wie konativer Ebene zu erreichen. Zur Modellierung dieses Anspruchs greifen wir auf bewährte Modelle der Bildungsforschung und Psychologie zurück.

In Anlehnung an das Modell professioneller Handlungskompetenz von Baumert & Kunter (2006) definieren wir die abhängigen Variablen *Fachdidaktische Kompetenz (AV1)*, *Pädagogische Kompetenz (AV2)* und *Handlungskompetenz (AV3)*. Bewusst wurde der Begriff

Wissen in den Begriff *Kompetenz* geändert. Da es sich um den Versuch zur Erfassung prozeduralisierten Wissens handelt, das sich performativ niederschlägt, verwenden wir das Begriffspaar *Kompetenz* und *Performanz* (Chomsky, 1965). Performanz definiert sich in diesem Verständnis durch Kompetenz und diese wiederum wird in der Handlung manifest. Zudem greifen wir auf das Transtheoretische Modell (TTM) (J. M. Prochaska, Prochaska & Levesque, 2001; James O. Prochaska & DiClemente, 1994; J. O. Prochaska et al., 1994), in Integration des Rubikon-Modells der Handlungsphasen, zurück (Achtziger & Gollwitzer, 2006; Heckhausen & Gollwitzer, 1987). Dies erlaubt eine Modellierung von Transfer durch Motivation, Volition und fünf TTM-Stufen zur Handlungsveränderung: Absichtslosigkeit, Absichtsbildung, Handlungsvorbereitung, Handlung und Handlungsaufrechterhaltung.

Methode

In einem quasi-experimentellen Paneldesign mit Kontrollgruppe erfassen wir die drei AVs anhand Fragebogen, Vignettentest und Videografie über drei Jahre hinweg zu zwei Messzeitpunkten. Die Intervention besteht aus kontinuierlichem, individuellem und adaptivem Fachcoaching. Die Rolle der Fachcoaches nehmen Fachdidaktiker/-innen im Bereich Naturwissenschaft ein, die die Lehrpersonen hinsichtlich Planung, Entwicklung und Durchführung schulspezifischer Projekte beraten. In der Experimentalgruppe befinden sich Schulen der Deutschschweiz mit Lehrpersonen auf Primar- und Sekundarstufe I, die aus eigener Motivation am Projekt teilnehmen und auf Grundlage eines Motivationsschreibens ausgewählt wurden. Als Kontrollgruppe werden zufällig Deutschschweizer Kantone gezogen und dort Schulen angefragt, die dem Kriterium *Schulentwicklung im nicht-naturwissenschaftlichen Bereich* entsprechen. Die Relation von Primarstufe zu Sekundarstufe I bleibt gewahrt.

AV1 und AV2 werden in einem Vignettentest operationalisiert (Bölsterli, Brovelli, Rehm & Wilhelm, 2011). In diesem qualitativen Verfahren bekommen Lehrpersonen schriftlich zusammengefasste Unterrichtssituationen vorgelegt und sollen diese auf Auffälligkeiten prüfen. Pro Vignette werden mehrere Kompetenzbereiche angesprochen bzw. geprüft. Die Auswertung dieses Tests erfolgt nach Manual. Zur Erfassung von AV3 werden Unterrichtsstunden videografiert und durch Fachpersonen in Bezug auf Schlüsselsituationen, in denen es zur Anwendung der Kompetenzen kommt, beurteilt. Als Fachpersonen gelten dabei Personen, die einerseits über hochgradige bildungswissenschaftliche Expertise verfügen, andererseits Personen, die fachdidaktische Forschung und Schulunterricht in naturwissenschaftlichen Fächern kombinieren. Diese Situationen werden den aufgezeichneten Lehrpersonen als Videovignette allenfalls gemeinsam mit dem Coach zur Selbstreflektion und Diskussion vorgelegt, denn „teachers often learn by critical individual reflection and by involving colleagues in particular challenging or problematic situations“ (Meirink, Meijer, Verloop & Bergen, 2009, S. 209). Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in deren Potenzial zur Klärung von Handlungsheuristiken der Lehrperson in situ wie ex post facto und stellt zudem eine für die Lehrperson eine nützliche Weiterentwicklungsmöglichkeit dar. Der Fragebogen erfasst motivationale und volitionale Dispositionen, die zum Transfer ins Unterrichtshandeln notwendig sind, sowie die Stufen zur Bereitschaft zur Handlungsveränderung nach TTM.

Die Hypothesen lauten, dass die zyklische SWiSE-Intervention (d. h. Coaching – Unterricht – Coaching – Innovation/Reflektion – usf.) herkömmlicher Weiterbildung im Erwerb Fachdidaktischer und Pädagogischer Kompetenz überlegen ist und einen stärkeren Transfer in Handeln nach sich zieht.

Resultate

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen noch keine Daten vor.

Diskussion

Im Hinblick auf das langfristige Coaching von Lehrpersonen stellt der Modellversuch SWiSE ein Instrument bereit, das Kompetenzentwicklung innerhalb der Schule ermöglicht. Ausgehend von der Annahme, dass Lehrpersonen in kompetenter Weise Angebote für Schülerinnen und Schüler gestalten können, die problembasiertes, forschend-entdeckendes Lernen fördern, setzt das Projekt auf einer Mesoebene der methodischen Weiterentwicklung an. Die Frage der Mikroebene, also klar formulierte Methodenkompetenzen, liegen im Bereich des Coachings und sind nicht standardisiert vorgegeben. Erste Ergebnisse werden Ende 2013 Aufschluss darüber geben, ob es gelingen kann, Lehrpersonen durch Coaching einen verbesserten Transfer in das Unterrichtsgeschehen zu ermöglichen.

Literatur:

- Achtziger, A. & Gollwitzer, P. M. (2006). Motivation und Volition im Handlungsverlauf. In J. Heckhausen & H. Heckhausen (Hrsg.), *Motivation und Handeln*. 3., überarb. und akt. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg, 277-302
- Banchi, H. & Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 26-29
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469-520
- Bölsterli, K., Brovelli, D., Rehm, M. & Wilhelm, M. (2011). Vignettestest zur Erhebung professioneller Kompetenz. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010. Berlin: LIT Verlag, 285-287
- Chomsky, N. (1965). *Aspects of the Theory of Syntax*. Cambridge, MA: MIT Press
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1990). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. 3. Aufl. New York, NY [u.a.]: Plenum Press
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (2000). Einleitung: Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. In H. Mandl & J. Gerstenmaier (Hrsg.), *Die Kluft zwischen Wissen und Handeln*. Empirische und theoretische Lösungsansätze. Göttingen u.a.: Hogrefe, 11-23
- Heckhausen, H. & Gollwitzer, P. M. (1987). Thought Contents and Cognitive-Functioning in Motivational Versus Volitional States of Mind. *Motivation and Emotion*, 11 (2), 101-120
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42 (2), 99-107
- 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
- Meirink, J. A., Meijer, P. C., Verloop, N. & Bergen, T. C. M. (2009). How Do Teachers Learn in the Workplace? An Examination of Teacher Learning Activities. *European Journal of Teacher Education*.
- Möller, K., Hardy, I., Jonen, A., Kleickmann, T. & Blumberg, E. (2006). Naturwissenschaft in der Primarstufe. Zur Förderung konzeptionellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule*. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms BiQua. Münster: Waxmann, 161-193
- Prochaska, J. O. & DiClemente, C. C. (1994). *The transtheoretical approach : crossing traditional boundaries of therapy*. Malabar, Fla: Krieger Pub
- Prochaska, J. O., Velicer, W. F., Rossi, J. S., Goldstein, M. G., Marcus, B. H., Rakowski, W., et al. (1994). Stages of change and decisional balance for 12 problem behaviors. [Comparative Study Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Health psychology : official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 13 (1), 39-46
- Prochaska, J. M., Prochaska, J. O. & Levesque, D. A. (2001). A transtheoretical approach to changing organizations. *Administration and Policy in Mental Health*, 28 (4), 247-261
- Reiser, B. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 273-304
- Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1 (1), 9-20

Ausbildung und Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften

Problemaufriss und Forschungsziel

Das Fach Sachunterricht vereint Inhalte aus natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Perspektive mit dem Ziel, Schülerinnen und Schülern Kompetenzen zur Erschließung und Orientierung in ihrer unmittelbaren Lebenswelt zu vermitteln (GDSU, 2002). Dabei stützt sich der Sachunterricht auf eine Vielzahl von Bezugsdisziplinen. Um den Sachunterricht in seiner gesamten Bandbreite kompetent unterrichten zu können, müssen Lehrkräfte fachdidaktische und fachliche Kompetenzen in allen Bezugsdisziplinen besitzen (GDSU, 2002).

Das Erreichen dieser Vorgabe wird jedoch durch die Diskrepanz zwischen der universitären Ausbildung zur Sachunterrichtslehrkraft und den tatsächlichen Anforderungen an die unterrichtende Lehrkraft erschwert. In der Ausbildung wird in der Regel entweder eine Bezugsdisziplin oder eine der beiden Lernbereiche – Naturwissenschaften oder Gesellschaftswissenschaften – fokussiert (Fischer, 2012). In der Schule wird dann aber fachkundiger Unterricht zu Inhalten aller Disziplinen verlangt. Die Konsequenz dieser Situation ist, dass Sachunterrichtslehrkräfte für die Praxis häufig unzureichend ausgebildet sind, was sich auch in ihrem eigenen Kompetenzerleben widerspiegelt (Möller, 2004).

Um diese Problematik empirisch zu belegen, wird im hier vorgestellten Forschungsprojekt das naturwissenschaftliche Professionswissen von unterschiedlich ausgebildeten Sachunterrichtslehrkräften, als Repräsentation ihrer im Studium erworbenen Kompetenzen, erhoben und miteinander verglichen.

Theoretischer Hintergrund

Nach Baumert & Kunter (2006) lässt sich das Professionswissen einer Lehrkraft in fachdidaktisches Wissen, Fachwissen und pädagogisches Wissen unterteilen. Fachdidaktisches Wissen und Fachwissen sind domänenspezifisch. Deshalb sind diese Wissensbereiche für das Fach Sachunterricht abgrenzbar vom Wissen anderer Fächer. Jüngere Studien im Sachunterricht haben gezeigt, dass das Professionswissen Relevanz für die Unterrichtsqualität besitzt und somit Einfluss auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern hat (Lange, 2010; Ohle, 2010).

Da der Sachunterricht unterschiedliche Domänen und Disziplinen vereint, weist das zugehörige Professionswissen eine heterogene Struktur auf. Die Universität ist der Ort der Grundlegung des Professionswissens, deshalb kann aus der oben erläuterten einseitigen Ausbildung geschlossen werden, dass Sachunterrichtslehrkräfte Defizite im sachunterrichts-spezifischen fachdidaktischen Wissen und Fachwissen aufweisen. Für diese Schlussfolgerung fehlt bisher die empirische Basis.

In der Frage des Einflusses von Unterrichts- und Berufserfahrung auf das Professionswissen gibt es unterschiedliche bzw. gegensätzliche Ergebnisse. Während die Arbeitsgruppe um Van Driel für die konkrete Unterrichtserfahrung einen positiven Einfluss auf das fachdidaktische Wissen feststellte, wurde in der COACTIV-Studie kein Einfluss gefunden (De Jong & Van Driel, 2004; Brunner et al., 2006). Somit stellt diese Frage – insbesondere für das Fach Sachunterricht – ein weiteres Forschungsdesiderat dar.

Zusätzlich kommt hinzu, dass an den Schulen ein Mangel an Lehrkräften mit naturwissenschaftlicher Ausbildung bzw. mit naturwissenschaftlichem Professionswissen herrscht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Studierende des Sachunterrichts Studienfächer gesellschafts-

wissenschaftlicher Disziplinen bzw. den Lernbereich Gesellschaftswissenschaften bevorzugen. Gründe dafür sind geringes Interesse an den Naturwissenschaften und negative Selbstwirksamkeitserwartungen hinsichtlich des Unterrichts von Naturwissenschaften (Landwehr, 2002; Franz, 2008). Deshalb scheint es sinnvoll das naturwissenschaftliche Professionswissen zu fokussieren.

Forschungsfrage und Hypothese

Untersucht werden die domänenspezifischen Wissensbereiche fachdidaktisches Wissen und Fachwissen. Folgende Forschungsfrage liegt dem Projekt dabei zugrunde:

- Welchen Einfluss haben unterschiedliche Ausbildungshintergründe und Unterrichtserfahrung auf das fachdidaktische Wissen und das Fachwissen von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Sachunterricht am Beispiel „Feuer – Aspekte der Verbrennung“?

Es wird erwartet, dass Lehrkräfte mit Ausbildung in den Naturwissenschaften ein höheres Professionswissen als Lehrkräfte mit Ausbildung in den Gesellschaftswissenschaften oder keiner Ausbildung im Sachunterricht besitzen. In Bezug auf die Unterrichtserfahrung ist bei den erfahrenen Lehrkräften mit geringeren Unterschieden zwischen den Ausbildungsgruppen zu rechnen.

Forschungsdesign, Stichprobe & Instrumente

Zur Beantwortung der Forschungsfrage bearbeiten N=150 Lehrkräfte zwei Wissenstests, mit denen das fachdidaktische Wissen und das Fachwissen erhoben werden. Diese Stichprobe wird nach dem Ausbildungshintergrund in drei Gruppen aufgeteilt. Unterschieden wird zwischen Lehrkräften mit Ausbildung in den Naturwissenschaften, mit Ausbildung in den Gesellschaftswissenschaften und mit keiner Ausbildung im Sachunterricht. Jede dieser drei Gruppen besteht aus 50 Lehrkräften, wovon jeweils die Hälfte unerfahrene bzw. erfahrene Lehrkräfte sind.

Unterrichtserfahrung wird dabei mit Hilfe von drei Faktoren definiert: Berufserfahrung in Jahren, Anzahl des tatsächlichen Unterrichts des Inhaltsbereichs „Feuer – Aspekte der Verbrennung“ und letztmaliger Zeitpunkt des Unterrichts des Inhaltsbereichs.

Erhebung des fachdidaktischen Wissens zum Inhalt „Feuer – Aspekte der Verbrennung“

Für den Bereich des fachdidaktischen Wissens wurden zwei Facetten ausgewählt: Lernprozessbezogenes Wissen und lehrbezogenes Wissen (Blömeke et al., 2008). Das lernprozessbezogene Wissen umfasst das Wissen über die kognitiven Prozesse der Schülerinnen und Schüler, operationalisiert als Wissen über Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. Formen und Strategien des Unterrichts werden als lehrbezogenes Wissen abgebildet. Unterfacetten dazu sind das Wissen über die Gestaltung von Lernprozessen durch Repräsentationen, Experimente zum Erkenntnisgewinn, Sequenzierung und Reaktionsmöglichkeiten in kritischen Unterrichtssituationen (Lange, 2010). Zu diesen insgesamt sechs Unterfacetten werden Items entwickelt, die das Wissen im Kontext Verbrennung abbilden.

Erhebung des Fachwissens zum Inhalt „Feuer – Aspekte der Verbrennung“

Das Fachwissen wird operationalisiert als Wissen über Fakten, Relationen und Konzepte im Inhaltsbereich Verbrennung (Kauertz, 2008). Das Wissen wird auf drei Niveaustufen erhoben: Grundschule, Sekundarstufe I und vertieftes Wissen. Die Niveaustufen wurden ausgewählt, weil Lehrkräfte zum einen die wissenschaftliche Repräsentation des Inhalts auf dem Niveau ihrer Schülerinnen und Schüler beherrschen sollten (Grundschule). Zum anderen muss die Lehrkraft aber auch über Wissen auf dem nächst höherem Niveau verfügen, um zu fundierten Erklärungen fähig zu sein (Sekundarstufe I). Das vertiefte Wissen bildet eine Wissenskategorie ab, die sich nicht auf institutioneller Ebene verorten

lässt und deshalb auch keinem Curriculum zuzuschreiben ist. Vertieftes Wissen wird in der vorliegenden Studie als Wissen operationalisiert, das hilft, komplexere Problemstellungen zu verstehen, und zur Beantwortung typischer Schülerfragen benötigt wird. Somit ist es als Bestandteil des Fachwissens einer Lehrkraft vorauszusetzen (Woitkowski et al., 2011).

Zusammenfassung & Ausblick

Das Forschungsinteresse der Studie liegt im Bereich des Einflusses verschiedener Variablen auf das Lehrberufswissen, wobei der erste Fokus auf dem Ausbildungshintergrund und der zweite auf der Erfahrung der Lehrkraft liegt. Ziel ist es zu hinterfragen und zu belegen, inwiefern der Ausbildungsschwerpunkt und die Lehrererfahrung das Professionswissen beeinflussen und ob sich die unterschiedlichen Probandengruppen tatsächlich voneinander unterscheiden. Dies könnte empirische Hinweise zur möglichen Umstrukturierung der Sachunterrichtslehrausbildung liefern. Ergebnisse der Pilotstudie werden im Frühjahr 2013 erwartet.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469-520
- Blömeke, S., Seeber, S., Lehmann, R., Kaiser, G., Schwarz, B., Felbrich, A. & Müller, C. (2008). Messung des fachbezogenen Wissen angehender Mathematiklehrkräfte. 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*. Münster: Waxmann, 49-88
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T., Jordan, A., Klusman, U., Tsai, Y.-M. & 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
- De Jong, O. & Van Driel, J. (2004). Exploring the Development of Student Teachers' PCK of the Multiple Meanings of Chemistry Topics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 477-491
- Fischer, H.-J. (2012). Rechenschaftsbericht des Ersten Vorsitzenden der GDSU auf der Mitgliederversammlung am 02. März 2012 in Berlin. *GDSU-Info*, (52), 11-24
- Franz, U. (2008). *Lehrer- und Unterrichtsvariablen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht: Eine empirische Studie zum Wissenserwerb und zur Interessenentwicklung in der dritten Jahrgangsstufe*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2002). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Kauertz, A. (2008). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*. Berlin: Logos
- Landwehr, B. (2002). *Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik: Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen*. Berlin: Logos
- Lange, K. (2010). *Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogenem fachspezifisch-pädagogischem Wissen von Grundschullehrkräften und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Grundschülerinnen und -schülern*. Dissertation. Münster
- Möller, K. (2004). *Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte*. In H. Merckens (Hrsg.), *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen*. Opladen: Leske und Budrich, 65-84
- Ohle, A. (2010). *Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement*. Berlin: Logos
- Woitkowski, D., Riese, J. & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 289-313

Einfluss selbstregulierten Lernens auf den Lernerfolg an Hochschulen

Theoretischer Hintergrund

Studienabbrüche sind ein weit untersuchtes Phänomen und ein verbreitetes Problem an Hochschulen. Im Rahmen dieser Studie wird ein Studienabbrecher in Anlehnung an Ulriksen, Madsen & Holmegaard (2010) definiert als eine Studentin/ein Student, der/die ein Hochschulstudium beginnt und dieses wieder verlässt, bevor ein Abschluss erlangt wurde. Für Chemie liegt die Studienabbruchsquote in Deutschland bei 43 % (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2012). Die Quote variiert innerhalb der Studienfächer. Der Hauptgrund für Studierende der Naturwissenschaften sind mit 33 % Leistungsprobleme (Heublein, Schmelzer, Sommer & Wank, 2008). Unter allen untersuchten Fächern ist das der höchste Wert für Studienabbrüche aufgrund von Leistungsproblemen.

In früheren Forschungsarbeiten wurden einige Prädiktoren für Studienerfolg bereits identifiziert (z. B. kognitive Fähigkeiten; Trapmann, 2008). So untersuchte Freyer (in Vorb.) den Einfluss verschiedener Variablen auf den Studienerfolg von Studierenden der Chemie im ersten Semester an vier deutschen Universitäten. Dabei zeigte sich, dass von allen untersuchten Variablen lediglich die Abiturnote, das Vorwissen und der Wunschstudiengang eine Voraussagekraft auf den Studienerfolg haben. Die aufgeklärte Varianz lag dabei im Mittel bei 28.2 % und stieg auch für einen einzelnen Studiengang nie über 50 %.

Freyer (in Vorb.) untersuchte jedoch nicht den Einfluss des selbstregulierten Lernens (SRL) auf den Lernerfolg. Pintrich & de Groot (1990) stellen allerdings heraus, dass die SRL-Fähigkeit von Lernenden einen positiven Effekt auf ihre Lernleistung haben kann. SRL wird für diese Studie in Anlehnung an Pintrich (2000) definiert als „an active, constructive process whereby learners set goals for their learning and then attempt to monitor, regulate, and control their cognition, motivation, and behavior, guided and constrained by their goals and the contextual features in the environment“ (Pintrich, 2000, S. 453).

Von Schmitz (2001) wurde ein Prozessmodell zum SRL vorgestellt, das aus drei Phasen besteht (siehe Abb). In der präaktionalen Phase plant der Lerner sein Handeln durch die Analyse der aktuellen Situation und der Auswahl geeigneter kognitiver Lernstrategien. In der aktionalen Phase folgt der eigentliche Lernprozess, in der die ausgewählten Strategien zum Einsatz kommen und sich der Lernende metakognitiv selbst überwacht. Zudem hält der Lernende sein Engagement im Lernprozess durch den Einsatz volitionaler Strategien aufrecht. In der postaktionalen Phase wird das Lernergebnis anschließend bewertet, was Auswirkungen auf zukünftige Lernvorgänge haben kann. Die Fähigkeit des SRL kann

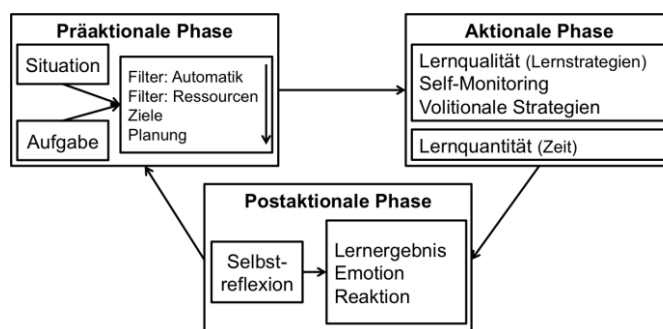


Abb. 1: Phasenmodell des SRL nach Schmitz (2001)

trainiert werden (z. B. Leopold, 2009). Ein solches Training ist besonders effektiv, wenn es sich auf die Vermittlung weniger Strategien konzentriert, die nah an bestimmten Fachinhalten trainiert werden (Dole, Duffy, Roehler & Pearson, 1991).

Die Fähigkeit zum SRL kann auf verschiedene Arten gemessen werden. Aufgrund ihrer hohen Reliabilität und Ökonomie kommen hierfür häufig Lernstrategiefragebögen zum Einsatz. Der von Fragebögen gemessene Lernstrategieeinsatz korreliert jedoch häufig nicht mit dem gemessenen Lernerfolg (Artelt, 2000). Eine mögliche Ursache für dieses Versagen der Fragebögen ist, dass Lerner ihre Lernhandlung oft nicht abstrahieren können. Dies kann dazu führen, dass Lerner angeben eine Strategie oft auszuführen, obwohl Sie dies tatsächlich gar nicht tun (Artelt, 2000). Entsprechend konnte Leopold (2009) zeigen, dass der Lernerfolg durch den Lernstrategieeinsatz vorhergesagt werden kann, wenn die Erfassung des Lernstrategieeinsatzes handlungsnah und qualitätsbezogen erfolgt.

Forschungsvorhaben

Diese Studie hat zum Ziel den Effekt von SRL auf den Lernerfolg von Studierenden des Faches Chemie im ersten Semester zu untersuchen. Ein weiteres Ziel ist es, einen Fragebogen zu entwickeln, mit dem es möglich ist, den Einsatz von SRL handlungsnah und valide zu erfassen.

Design und Methoden

Um dem Forschungsvorhaben nachzugehen wird eine Interventionsstudie (Pilotstudie) im ersten Semester mit Lehramtsstudierenden des Faches Chemie ($N \approx 100$) durchgeführt (siehe Abb). Dafür wird ein SRL-Training entwickelt, dass sich am Phasenmodell von Schmitz (2001) orientiert. In diesem Training werden sowohl metakognitive Strategien (Planung, Überwachung, Regulation) als auch kognitive Lernstrategien im Rahmen des Curriculums der Übung "Allgemeine Chemie" trainiert.

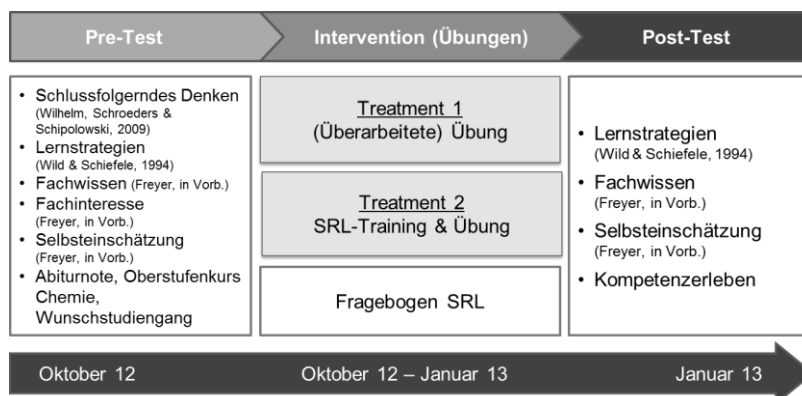


Abb. 2: Design und Instrumente der Pilotstudie

Für die Pilotstudie wird die Stichprobe in zwei Gruppen – eine Kontrollgruppe und eine Interventionsgruppe – aufgeteilt (siehe Abb. 2). Die Kontrollgruppe (Treatment 1) arbeitet mit einer überarbeiteten Version des traditionell benutzten Übungsmaterials. Dieses umfasst klassischerweise Problemlöseaufgaben und wird für diese Studie um fachliche Beispielaufgaben erweitert. Die Interventionsgruppe (Treatment 2) arbeitet ebenfalls mit solchen Materialien, erhält allerdings zusätzlich noch das SRL-Training. Die Stichprobe besteht aus Erstsemesterstudierenden des Faches Chemie ($N \approx 100$) an der Universität Duisburg-Essen (UDE). Die Studie wird in den Übungsgruppen zum Modul "Allgemeine

Chemie" durchgeführt, welches das erste Modul im Fach Chemie darstellt. Alle Studierenden nehmen freiwillig an der Studie teil und erhalten nach der Teilnahme eine Vergütung. Die Aufteilung auf die Gruppen erfolgt zufällig.

In beiden Treatmentgruppen werden der Lernerfolg (Freyer, in Vorb.), der Lernstrategieinsatz (LIST; Wild & Schiefele, 1994) und die Selbsteinschätzung des Fachwissens (Freyer, in Vorb.) in einem Pre-Post-Testdesign erhoben (siehe Abb. 2). Zusätzlich werden noch die Fähigkeit im schlussfolgernden Denken (Wilhelm, Schroeders & Schipolowski, 2009) pre sowie das Kompetenzerleben post erhoben. Des Weiteren werden die Studierenden nach Ihrer Abiturnote befragt und, ob das Fach, das Sie zurzeit studieren, ihr Wunschfach war und, ob und wie lange sie in ihrer Schulzeit Chemie belegt haben.

Um den Einsatz von Lernstrategien im Laufe der Übung handlungsnah zu erfassen, wird ein Fragebogen *AlChEMIE* (Allgemeine Chemie Metakognitionsinventar Essen) entwickelt und eingesetzt. Dieser wird auf neu entwickelten Items sowie auf Items aus evaluierten Fragebögen wie dem LIST (Wild & Schiefele, 1994) basieren. Der Fragebogen wird in beiden Treatmentgruppen am Ende der Übungssitzungen eingesetzt werden.

Die Ergebnisse der Pilotstudie werden im März 2013 verfügbar sein.

Literatur

- Artelt, C. (2000). Strategisches Lernen. Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Bd. 18. Münster: Waxmann
- Dole, J. A., Duffy, G. G., Roehler, L. R. & Pearson, P. D. (1991). Moving From the Old to the New: Research on Reading Comprehension Instruction. *Review of Educational Research*, 61 (2), 239-264
- Freyer, K. (in Vorb.). Schwierigkeiten Studierender des 1. Semesters im Fach Chemie. Dissertation, Universität Duisburg-Essen. Essen
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen: Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010 (HIS: Forum Hochschule Nr. 3/2012). Hannover. Verfügbar unter: www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201203.pdf [26.6.2012]
- Heublein, U., Schmelzer, R., Sommer, D. & Wank, J. (2008). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen: Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2006 (HIS:Projektbericht Nr. 05/2008). Hannover: HIS Hochschul-Informationssystem GmbH. Verfügbar unter: http://www.his.de/pdf/21/his-projektbericht-studienabbruch_2.pdf
- Leopold, C. (2009). Lernstrategien und Textverstehen: Spontaner Einsatz und Förderung von Lernstrategien. Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Bd. 76. Münster: Waxmann
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeider (Hrsg.), *Handbook of self-regulation*. San Diego, CA: Academic Press, 451-502
- Pintrich, P. R. & de Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82 (1), 33-40
- Schmitz, B. (2001). Self-Monitoring zur Unterstützung des Transfers einer Schulung in Selbstregulation für Studierende: Eine prozessanalytische Untersuchung. *Z Padagog Psychol*, 15 (3), 181-197
- Trapmann, S. (2008). Mehrdimensionale Studienerfolgsprognose: Die Bedeutung kognitiver, temperamentsbedingter und motivationaler Prädiktoren für verschiedene Kriterien des Studienerfolgs. Berlin: Logos
- 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
- Wild, K.-P. & Schiefele, U. (1994). Lernstrategien im Studium: Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 15 (4), 185-200. Verfügbar unter: <http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2009/3363/> [19.1.2012].
- Wilhelm, O., Schroeders, U. & Schipolowski, S. (2009). BEFKI: Berliner Test zur Erfassung fluider und kristalliner Intelligenz. Unveröffentlichtes Manuskript

Beliefs zur Erkenntnisgewinnung und Struktur des Wissens in der Physik

Einleitung

Das naturwissenschaftliche Grundstudium steht in der Kritik „durch eine starke Lehrbuch- und Prüfungsorientierung gekennzeichnet“ (Kircher & Dittmer, 2004, S. 5) zu sein. In dem Studium eigneten die Studierenden sich ein „implizites Wissenschaftsverständnis“ an, „indem sie die Begriffe, Modelle, Theorien und Methoden ihres Faches weitgehend unreflektiert lernen“ (ebd., S. 5).

Welche Beliefs die Studierenden über die Struktur des physikalischen Wissens und den physikalischen Erkenntnisgewinn zu Beginn der universitären Ausbildung haben und wie sich die Beliefs im Laufe des Studiums entwickeln, wird derzeit im Rahmen einer Studie an der Freien Universität Berlin untersucht. Für die Erhebung der Beliefs wurde aus bereits bestehenden Testinstrumenten (vgl. z.B. Priemer, 2006) ein Fragebogeninstrument entwickelt, das folgende Aspekte erhebt: „Statik und Dynamik des Wissens“, „Absolutes Wissen“, „Einfluss des Zufalls“, „Ziele der Physik“, „Besonderheiten der Physik“, „Relevanz der Mathematik für die Physik“ und im Bereich der Erkenntnisgewinnung: „Naturwissenschaftliche Methodik“, „Beobachten und Messen“, „Auswerten und Interpretieren“ und „Veröffentlichen“. Eine Pilotierung wurde für die Skalen (außer dem Bereich der Erkenntnisgewinnung) durchgeführt. Sie wurde in einem Vorkurs bei Mono-Bachelor-, Lehramts-Bachelor- und Meteorologie-Studierenden sowie bei Studierenden der Geowissenschaften durchgeführt, die im anschließenden Semester die Experimentalphysik I besucht haben.

Studiendesign

Mit dem Fragebogen wurde im Wintersemester 2011/12 zunächst ein Quasi-Längsschnitt erhoben (s. Eller et al., im Druck). Im Sommersemester 2012 erfolgte eine weitere Erhebung, wodurch ein echter Längsschnitt entsteht. Der Längsschnitt wird noch über zwei Semester fortgesetzt, so dass sich die folgende Stichprobe ergibt (Tab. 1).

WiSe 2011/12	SoSe 2012	WiSe 2012/13	SoSe 2013
1. Sem. Lehramt (N = 26)		1. Sem. Lehramt*	
	2. Sem. Lehramt (N = 20)		2. Sem. Lehramt
3. Sem. Lehramt (N = 21)		3. Sem. Lehramt*	
3. Sem. Mono (N = 22)	4. Sem. Lehramt (N = 12)		4. Sem. Lehramt
3. Sem. Meteo (N = 26)		5. Sem. Lehramt*	
			6. Sem. Lehramt
Master-Lehramt (N = 21)		Master-Lehramt*	

Tab. 1: Stichprobe der längsschnittlichen Erhebung. (Zum zweiten Messzeitpunkt ist die Anzahl der Studierenden angegeben, die auch zum ersten Messzeitpunkt befragt wurden.)

Erste Befunde der ersten zwei Messzeitpunkte des Längsschnitts (N = 20)

Um die Entwicklung der Beliefs in der gesamten Kohorte vom ersten zum zweiten Semester nachvollziehen zu können, wurde die Gruppe der Lehramtsstudierenden an zwei Erhebungszeitpunkten befragt. Die erste Befragung fand zu Beginn des ersten und die zweite Mitte des zweiten Semesters statt (vgl. Tab. 1). Zur Auswertung der Daten dieser verbundenen Stichproben mit N = 20 wurde der verteilungsfreie Wilcoxon-Test (Bortz, 1999) eingesetzt.

In den Bereichen „Absolutes Wissen“, „Statik und Dynamik des Wissens“, „Einfluss des Zufalls“ und „Relevanz der Mathematik für die Physik“ liegen zwischen den beiden Messzeitpunkten keine statistisch signifikanten Unterschiede vor. In Tabelle 2 sind für diese vier Skalen die Mittelwerte der Stichprobe zu den beiden Zeitpunkten angegeben. Grundlage ist dabei eine sechs-stufige Likert-Skala, bei der „1“ der absoluten Ablehnung und „6“ der absoluten Zustimmung entspricht.

Absolutes Wissen			Statik und Dynamik des Wissens		
	WiSe 11/12	SoSe 12		WiSe 11/12	SoSe 12
Mittelwert	4,375	4,000	Mittelwert	2,632	2,713
SD	0,577	0,631	SD	0,642	0,685

Einfluss des Zufalls			Relevanz der Mathematik		
	WiSe 11/12	SoSe 12		WiSe 11/12	SoSe 12
Mittelwert	4,067	4,000	Mittelwert	5,098	5,000
SD	0,698	0,675	SD	0,445	0,551

Tab. 2: Mittelwerte ausgewählter Aspekte der ersten beiden Messzeitpunkte.

Hinsichtlich der mehrdimensionalen Skala der Erkenntnisgewinnung traten in den Bereichen „Naturwissenschaftliche Methodik“ und „Auswerten und Interpretieren“ ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten auf.

Eine statistisch signifikante Zunahme tritt beispielsweise bei dem Item „Die Physik zeichnet sich durch besonders klar strukturierte Arbeitsweisen aus“ auf.

Diskussion der Ergebnisse – am Beispiel des ‚absoluten Wissens‘

Im Bezug auf die Diskussion um die „Natur der Naturwissenschaften“ (engl. „NoS“ / ‚Nature of Science‘) hat sich hinsichtlich grundlegender Aspekte ein Konsens entwickelt (vgl. z.B. Osborne et al., 2003; Lederman et al., 2002), auch wenn die „Lerninhalte über die Natur der Naturwissenschaften [...] immer neu und immer vorläufig als naturwissenschafts-didaktischer Konsens aus den Bezugswissenschaften Physik, Chemie, Biologie, Philosophie, Soziologie und Politikwissenschaften konzipiert werden“ (Kircher & Dittmer, 2004, S. 3) müssen. Der Konsens umfasst beispielsweise die Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens und die Ansicht, dass kein absolutes Wissen existiert (Osborne et al., 2003; Lederman et al., 2002). Der grundlegende Aspekt des absoluten Wissens wird daher im Folgenden detaillierter betrachtet.

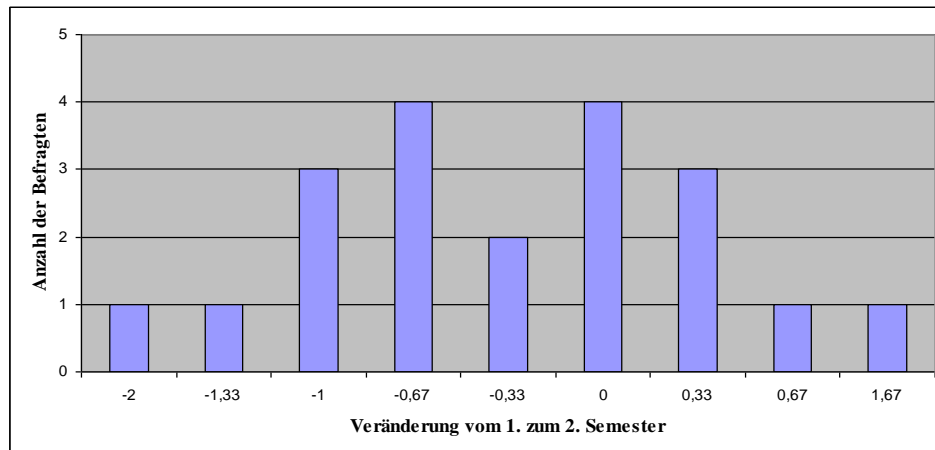


Abb. 1: Veränderung der Beliefs zum Aspekt ‚absolutes Wissen‘ vom ersten zum zweiten Semester

Dem Aspekt des absoluten Wissens stimmen die befragten Studierenden zunächst eher zu. Im Verlauf vom ersten zum zweiten Semester ist beim Mittelwertsvergleich aber zu erkennen, dass die Zustimmung eher abnimmt (wenn auch nicht statistisch signifikant). Betrachtet man die Veränderungen in Bezug auf die einzelnen befragten Personen, ergibt sich das in Abb. 1 dargestellte Diagramm. Während bei insgesamt fünf Befragten die Zustimmung zum absoluten Wissen vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt zunimmt, bleibt sie bei den 15 anderen Studierenden der Kohorte gleich oder nimmt ab. Die Werte nähern sich also insgesamt dem Konsens an, dass kein absolutes Wissen existiert (s.o.). Insgesamt liegen jedoch zum zweiten Messzeitpunkt fünf Studierende auf der sechs-stufigen Skala im Bereich der fünften Stufe.

Ausblick

Der Längsschnitt soll weitergeführt und dann auch fallbezogen ausgewertet werden. Zudem ist das Testinstrument erneut überarbeitet worden und wird ab dem kommenden Semester für die dann beginnende Kohorte in modifizierter Form eingesetzt.

Bei der Erhebung von Beliefs ist zudem die Abgrenzung von Wissen und Beliefs besonders relevant, die im Hinblick auf Ursache und Wirkung mit der Frage einhergeht, ob *„zunehmendes Wissen im Laufe der Lehrerausbildung eine Veränderung von Überzeugungen mit sich [bringt] oder unterstützt das Vorhandensein bestimmter Überzeugungen zu Beginn der Ausbildung – vermittelt über unterschiedliche Lernstrategien – den Erwerb höheren Wissens“* (Blömeke, 2011, S. 408). Im Modell der professionellen Handlungskompetenz von Baumert und Kunter (2006) werden „Wissen und Können“ und „Werthaltungen und Überzeugungen“ als zwei kategorial getrennte Kompetenzfacetten angesehen, da „Wissen und Überzeugungen [...] einen unterschiedlichen epistemologischen Status“ (Baumert & Kunter, 2006, S. 496) beanspruchen. In Anlehnung an Fenstermacher (1994) wird in diesem Modell die „kategoriale[...] Differenz zwischen Wissen und Überzeugungen, die in unterschiedlichen Rechtfertigungsansprüchen begründet sei“ (Baumert & Kunter, 2006, S. 496) zugrunde gelegt. Um Wissen und Beliefs abgrenzen zu können, wird neben dem Längsschnitt im kommenden Semester eine Interviewstudie bei einem ausgewählten Sample der oben beschriebenen Stichprobe durchgeführt.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, 9 (4), 469-520
- Blömeke, S. (2011). Zum Verhältnis von Fachwissen und unterrichtsbezogenen Überzeugungen bei Lehrkräften im internationalen Vergleich. In O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.), Stationen Empirischer Bildungsforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 395-411
- Bortz, J. (1999). Statistik für Sozialwissenschaftler. Berlin und Heidelberg: Springer Verlag
- Eller, S., Albrecht, A., Heinecke, E. & Nordmeier, V. (im Druck). Reform der Studieneingangsphase für Physik-Lehrämter – Erhebungen von Beliefs im Lehramtsstudium Physik, PhyDid B
- Fenstermacher, G. (1994). The knower and the known. The nature of knowledge in research on teaching. In L. Darling-Hammond (Hrsg.), Review of Research in Education, Vol. 20. Washington, DC: American Educational Research Association, 3-56
- Kircher, E. & Dittmer, A. (2004). Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften - ein Überblick. In D. Höttecke, C. Höbke & E. Kircher (Hrsg.), Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren, 2-22
- Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. & Schwartz, R. (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), 487-521
- 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
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 159-175

Alexander Strahl¹
 Axel Eghtessad¹
 Kerstin Höner¹
 Rainer Müller¹
 Maïke Looß¹
 Dagmar Hilfert-Rüppell¹
 Verena Pietzner²
 Konstantin Klingenberg¹

¹TU Braunschweig
²Universität Hildesheim

Auf alle Fälle Experimente? Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum Einsatz von Experimenten

Die Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zu Experimenten wurden mithilfe vier offener Fragen untersucht, die aus Jonas-Ahrend (2004) entnommen wurden. Sie behandeln folgende Aspekte von Experimenten: *Gründe für den Einsatz von Experimenten*, *Nutzen bzw. Nichtnutzen von Experimenten*, *Merkmale wissenschaftlicher Experimente* und *Unterschiede zu Schulexperimenten*. Aus den offenen Antworten wurden iterativ Kategorien entwickelt. Hierbei liegt die Intercoderreliabilität bei $\kappa = ,638$. Weitere Ergebnisse dieser Studie sind in Hilfert-Rüppell et al. (2009) und Höner et al. (2010) zu finden.

Probandenprofil

An der Untersuchung nahmen 237 Studierende der Universitätsstandorte Braunschweig, Heidelberg und Würzburg teil, deren Schulformziel sich von der Sonderschule bis zum Gymnasium erstreckt. Es handelt sich bei der Auswahl der Probanden um eine Gelegenheitsstichprobe.

Ziel	%	Ort	%	Fach	%	Fach	%
Sondersch.	8,6	Braunschw.	30,0	Biologie	57,1	Germanistik	47,2
Grundsch.	69,1	Heidelberg	56,5	Chemie	22,3	Anglistik	4,3
Haupt/Real	15,9	Würzburg	13,5	Physik	7,7	Erdkunde	11,2
Gymnasium	6,4			Mathe	37,8	Sonstiges	9,4

Tab. 1: Verteilung nach Studienziel und Studienort

Es ergibt sich in Summe mehr als 100 %, da alle Studierenden mindestens zwei Fächer studieren. Bei den Studienfächern studieren 50 Probanden (21,3 %) weder eine Naturwissenschaft noch Mathematik oder Sachunterricht. Der Großteil der Studierenden entfällt auf die ersten vier Semester (65,8 %). Bei der Auswertung ergaben sich keine relevanten Unterschiede hinsichtlich Studienfach, Studiendauer und Studienziel.

Frage 1: Aus welchen Gründen/Motiven würden Sie Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzen?

Mehr als die Hälfte der Befragten nennt als Ziel des Experimentierens die Vermittlung der wissenschaftlichen Methodik (139 \approx 59 %). Offenbar sieht die Mehrzahl der Probanden das Experiment als wesentlichen Bestandteil der wissenschaftlichen Methode an und betrachtet es als notwendig, diese Arbeitsweise im naturwissenschaftlichen Unterricht zu vermitteln.

Aufgrund der gegebenen Antworten erscheint es sinnvoll, die beiden Kategorien „Motivation“ und „Interesse für Naturwissenschaften entwickeln“ zusammenzufassen, da es fragwürdig ist, ob die Probanden hier wirklich zwischen einem „länger angelegten Interesse“ und einer „kurzfristigen Motivation“ unterscheiden. Damit haben gut 68 % (161) der Probanden diesen Aspekt angegeben. Experimentieren wird also als anregende Tätigkeit betrachtet. Eine weitere große Gruppe der Probanden (98 \approx 41 %) geht davon aus, dass

durch das Experimentieren das selbstständige Denken und Handeln der Schüler gefördert wird.

Auffallend ist, dass nur sehr wenige Nennungen (6 \approx 3 %) für den Punkt „Alltags- und Lebensbezug“ gezählt werden konnten. Ein Alltagsbezug von Experimenten wird von den Probanden offenbar kaum gesehen.

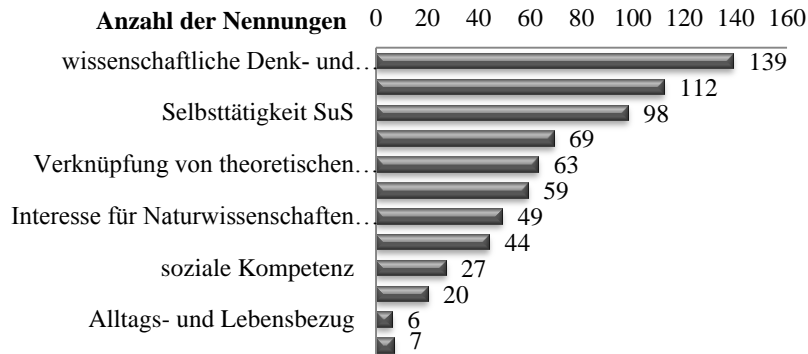


Abb. 1: Gründe für den Einsatz von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht

Frage 2: Unter welchen Voraussetzungen/Bedingungen sind Experimente nach Ihrer Meinung in der Schule nur von geringem Nutzen?

Am häufigsten genannt wurde als Grund für einen geringen Nutzen von Experimenten die Kategorie „theoretische Bezugslosigkeit“, also eine mangelnde Einbettung und Interpretation der Experimente. Interessanterweise wird auch die Kategorie „falls nur Lehrerexperimente durchgeführt werden“ mit 21 % relativ häufig genannt. D. h. für ca. ein Fünftel der Studierenden steht die „Selbsttätigkeit“ der Schülerinnen und Schüler im Mittelpunkt.

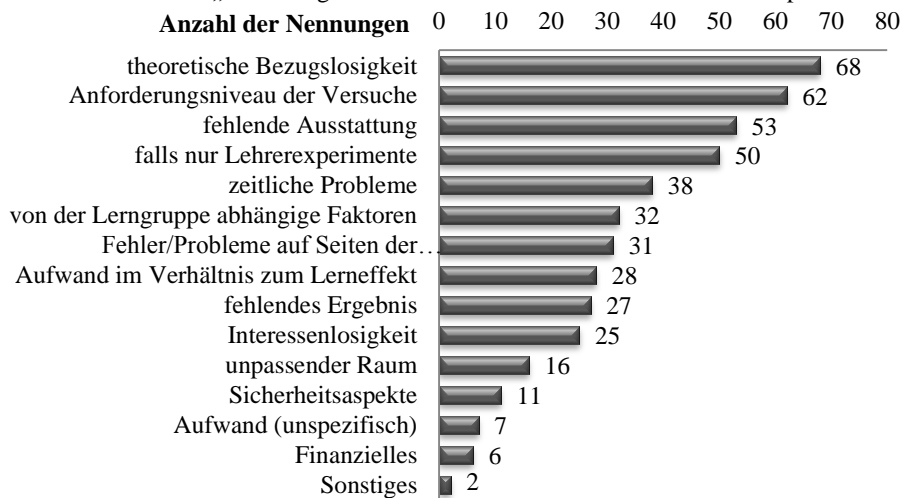


Abb. 2: Geringer Nutzen von Experimenten

Frage 3: Welches sind nach Ihrer Meinung die Merkmale eines wissenschaftlichen Experiments?

Sowohl „(sorgfältige) Durchführung“ (131 \approx 55 %), als auch „Fragestellung/Vermutung aufstellen“ (128 \approx 54 %) wurden von über der Hälfte der Befragten angegeben. Unter der Gruppe „Auswertung“ (96 \approx 41%) wurden auch „Schlussfolgerung“ oder „Ergebnis und Reflexion“ zusammengefasst. Fasst man die Blöcke „Bestätigen von Vermutungen“ und

„Widerlegen von Vermutungen“ zusammen, so ergeben sich (92 \approx 39 %) Nennungen. Interessant ist hierbei, dass die positive Formulierung „Bestätigung“ gegenüber „Widerlegen“ häufiger genannt wurde. Bemerkenswert ist auch, dass aus wissenschaftlicher Sicht wichtige Faktoren wie „Objektivität“ (6 \approx 3 %) und „kontrollierte Variation von Faktoren“ (5 \approx 2 %) nur sehr selten genannt wurden. Auch Punkte wie Ergebnisoffenheit wurden nicht angeführt.

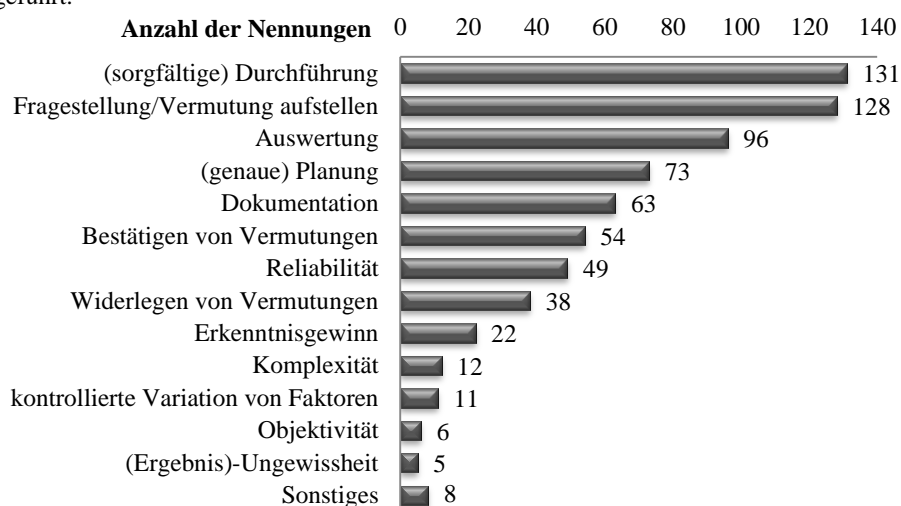


Abb. 3: Merkmale eines wissenschaftlichen Experiments

Frage 4: Unterscheiden sich Ihrer Meinung nach die Kennzeichen eines wissenschaftlichen Experiments und eines Schulexperiments (SE)?

Von den 237 Befragten geben 22 (\approx 9 %) „nein“ an, d. h., für sie gibt es keinen Unterschied zwischen schulischen und wissenschaftlichen Experimenten. Bei den Befragten, die Unterschiede sehen, lassen sich vier Antwortkategorien identifizieren, die eine ähnliche Antworthäufigkeit aufweisen (zwischen 53 \approx 28 % und 79 \approx 39 %). Generell wird den Schulexperimenten ein geringeres Anforderungsniveau und eine größere Ungenauigkeit attestiert. „SE kein Erkenntnisgewinn“ meint, dass sie keinen Erkenntnisgewinn für die Menschheit bringen.

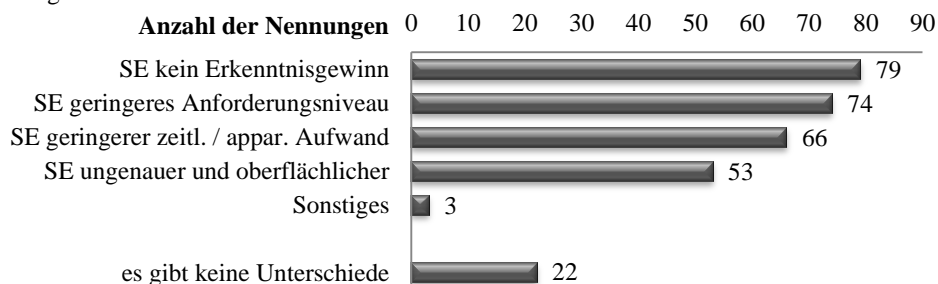


Abb. 4: Unterschiede zwischen Schüler- und wissenschaftlichen Experimenten

Literatur

- Höner, K., Strahl, A., Müller, R., Eghtessad, A., Pietzner, V., Looß, M., Klingenberg, K. & Gläser, E. (2010). Das Wissenschaftsverständnis von Lehramtsstudierenden. *chim. & ct. Did.*, 36 (103), 16-41
- Hilfert-Rüppell, D., Looß, M., Müller, R., Höner, K., Pietzner, V., Strahl, A., Eghtessad, A., Klingenberg, K. & Gläser, E. (2009). Fehlerfrei experimentieren? - Wie Studierende ein Experiment planen. In U. Harms et al. (Hrsg.), *Heterogenität erfassen - individuell fördern im Biologieunterricht*. Kiel, 196-197
- Jonas-Ahrend, G. (2004). Physiklehrevorstellungen zum Experiment im Physikunterricht. In H. Niederer & H. Fischler (Hrsg.), *Studien zum Physiklernen*. Bd. 34. Berlin: Logos Verlag

Learning to Do Inquiry

Wie experimentieren Chemie-Lehramtsstudierende?

Hintergrund und Fragestellung

Durch die Einführung von Bildungsstandards haben sich national wie international die Schwerpunkte des naturwissenschaftlichen Unterrichts verändert. Neben der Vermittlung von Fachwissen ist nun auch der Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Scientific Inquiry) ein wichtiges Bildungsziel (Abd-el-Khalik, BouJaoude, Duschl et al., 1993; Hofstein, 2004; KMK, 2007). Seung, Bryan und Butler (2009) weisen darauf hin, dass Aspekte wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung jedoch in der universitären Lehrerausbildung kaum berücksichtigt werden. Doch inwiefern beeinflusst die universitäre Ausbildung überhaupt entsprechende Fähigkeiten und Fertigkeiten? In dieser Studie ist es das Ziel, exemplarisch Hinweise für diese Wirkungszusammenhänge bezüglich der Entwicklung von Experimentierkompetenz bei Chemie-Lehramtsstudierenden aufzuzeigen.

Theoretischer Rahmen

Für die naturwissenschaftliche Forschung ist das Experiment eine zentrale Methode (Höttecke, 2001; KMK, 2007), welche in erster Linie zur Überprüfung von Hypothesen über vermutete Zusammenhänge von Naturvorgängen eingesetzt wird (Gyllenpalm & Wickman, 2011; Jansen & Pfeifer, 1992). Im naturwissenschaftlichen Unterricht hingegen stehen beim Experimentieren andere Ziele im Vordergrund (Gyllenpalm, Wickman, & Holmgren, 2010; Mayer, 2007; Hammann et al., 2006; Hodson, 1993):

- Erarbeitung von Fachinhalten (Learning Science Subject Matter)
- Methodenverständnis (Learning about Inquiry)
- Erwerb von Fähigkeiten & Fertigkeiten zum Experimentieren (Learning to Do Inquiry)

Das Promotionsvorhaben fokussiert auf das letztgenannte Teilziel. In der Literatur werden hierzu Fähigkeiten und Fertigkeiten genannt, die sich an verschiedenen Experimentierphasen orientieren (z.B. Hypothesen formulieren, Experimente planen,...). Weiterhin werden Teilprozesse beschrieben, die im Rahmen dieser Phasen vollzogen werden können (z.B. im Rahmen der Auswertung: Daten analysieren, Daten interpretieren, Ergebnisse reflektieren) (z.B. Lunetta & Tamir, 1979; Dunbar & Klahr, 1989; Schreiber, Theysen & Schecker, 2009; Koppelt, 2011; National Research Council, 1996; 2012). Auch diese Teilprozesse können als Fähigkeiten und/oder Fertigkeiten angesehen werden (z.B. die Fähigkeit, Daten zu analysieren). Somit entsteht in der Zusammenfassung der in der Literatur beschriebenen Teilprozesse ein umfassender Katalog möglicher Teilfähigkeiten und -fertigkeiten einer noch zu definierenden „Experimentierkompetenz“. In Abbildung 1 werden die in der Literatur beschriebenen Phasen des Experimentierens sowie exemplarisch einige Teilprozesse dargestellt.

Design

In einer deskriptiven Quasi-Längsschnitt-Studie wird die Experimentierkompetenz Studierender untersucht. Die Stichprobe umfasst Lehramtsstudierende der Humboldt-Universität zu Berlin mit Chemie und/oder Biologie im Erst- und/oder Zweitfach (1. bis 10. Semester). Zur Analyse der Fähigkeiten und Fertigkeiten werden hierbei Experimentieraufgaben eingesetzt, die mittels Videoaufzeichnung und der Methode des Lauten Denkens ausgewertet

werden. Weiterhin rekapitulieren die Studierenden im Rahmen eines sich anschließenden fokussierten Interviews die einzelnen Experimentierphasen gemeinsam mit dem Interviewenden. Anhand der Auswertung dieser Interviews sollen die metakognitiven Prozesse des jeweiligen Studierenden sowie sein Verständnis relevanter Begriffe näher untersucht werden. Um einen Hinweis auf mögliche Wirkungszusammenhänge der universitären Veranstaltungen im Rahmen des Lehramtsstudiums und der Experimentierkompetenz der Studierenden zu erhalten, werden zudem Fragebögen zu Lerngelegenheiten eingesetzt. Hierbei schätzen sowohl die Studierenden als auch die Lehrenden die Häufigkeit des Auftretens verschiedener Lerngelegenheiten zum Thema naturwissenschaftliche Untersuchungen mit Hilfe einer 5-stufigen Ratingskala ein.

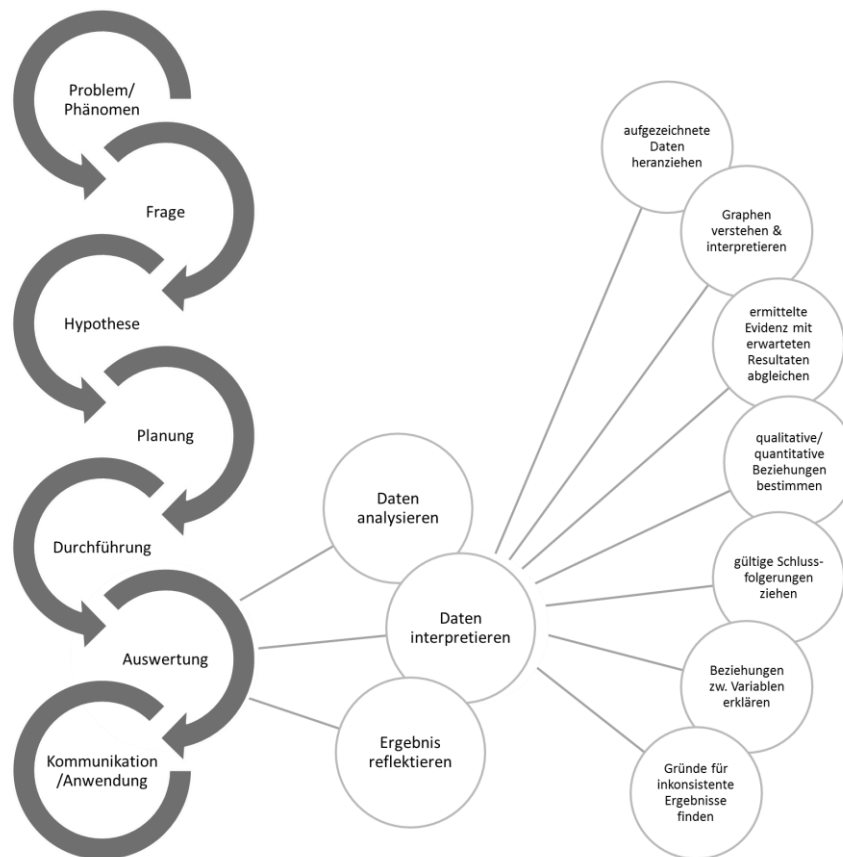


Abb. 1: Phasen und Teilprozesse beim Experimentieren (exemplarische Darstellung des Teilprozesses Dateninterpretation)

Ausblick

Wie im Abschnitt ‚Theoretischer Hintergrund‘ angedeutet, wird zur weiteren theoretischen Fundierung eine Definition des Begriffs „Experimentierkompetenz“ erarbeitet. Hierzu wird die Systematisierung der in der Literatur beschriebenen Teilprozesse im Rahmen eines teiladaptiven Expertenratings überprüft und die im Katalog verbleibenden Fähigkeiten und Fertigkeiten operationalisiert. Anschließend werden auf dieser Grundlage ein Interviewleitfaden sowie Experimentieraufgaben zur Untersuchung der Experimentierkompetenz von

Studierenden entwickelt. Die Pilotierung der Erhebungsinstrumente ist für das Frühjahr 2013 geplant.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R. A., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., ... (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88 (3), 397-419
- Dunbar, K. & Klahr, D. (1989). Developmental Differences in Scientific Discovery Processes. In D. Klahr & K. Kotovsky (Hrsg.), *Symposium on cognition: Vol. 21. Complex information processing*. 109-143
- Gyllenpalm, J., Wickman, P.-O. & Holmgren, S.-O. (2010). Secondary science teachers' selective traditions and examples of inquiry-oriented approaches. *Nordina*, 6 (1), 44-60
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, H. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der Mathematisch-Naturwissenschaftliche Unterricht*, 59 (5), 292-299
- Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards A More Critical Approach To Practical Work In School Science. *Studies in Science Education*, 22 (1), 85-142
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28-54
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 7-23
- KMK (2007). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss: Jahrgangsstufe 10*. Beschluss vom 16.12.2004. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. München: Luchterhand
- Koppelt, J. (2011). *Modellierung dynamischer Problemlösekompetenz im Chemieunterricht*. Berlin: Mensch & Buch
- Lunetta, V. N. & Tamir, P. (1979). Matching Lab Activities with Teaching Goals. *Science Teacher*, 46 (5), 22-24
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biomedizinischen Forschung*. 1. Aufl. Berlin, New York: Springer, 177-186
- National Research Council (1996). *National science education standards*. [S.l.]: National Academy Press.
- National Research Council / Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington DC: NAP
- Schreiber, N., Theyssen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! In DPG 2009 - Tagungsband
- Seung, E., Bryan, L. A. & Butler, M. B. (2009). Improving Preservice Middle Grades Science Teachers' Understanding of the Nature of Science Using Three Instructional Approaches. *Journal of Science Teacher Education*, 20 (2), 157-177

Physikdidaktische Selbstwirksamkeitserwartungen zukünftiger Physiklehrkräfte I

In gängigen Modellierungen professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften (vgl. Baumert & Kunter, 2006) spiegeln sich sowohl die kognitive wie auch die motivationale Komponente des Kompetenzbegriffs nach Weinert (2001) wider. Intensiv beforscht wird derzeit der Bereich des (deklarativen und prozeduralen) Professionswissens, in dem aus fachdidaktischer Perspektive vor allem das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen interessieren. Leitmotivisch für die theoretische Unterteilung des Professionswissens in die genannten Komponenten sind zwar die Arbeiten Shulman (1986), ohne dass deshalb davon auszugehen wäre, dass ein Konsens über die Abgrenzung der Wissensaspekte voneinander und über ihre Relation zueinander bestünde (vgl. Park & Oliver, 2008). Während also die kognitive Basis von kompetentem Lehrerhandeln in der Physikdidaktik intensiv beforscht wird, scheinen motivationale Aspekte derzeit eine eher untergeordnete Rolle zu spielen. Hier setzen wir mit unserem Interesse für die Selbstwirksamkeitserwartungen an.

Unter Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) verstehen wir die Überzeugung einer Person, über die Fähigkeiten und Mittel bzw. Kompetenzen zu verfügen, um diejenigen Handlungen durchzuführen, die notwendig sind, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen, selbst wenn dazu Barrieren überwunden werden müssen (vgl. Baumert & Kunter, 2006).¹ SWE, die auch als „Kompetenzerwartungen“ bezeichnet werden, sind demnach handlungsbezogen und können sich für verschiedene Domänen bzw. Kompetenzbereiche unterscheiden. Von Bedeutung sind SWE, da sie beeinflussen, welche Handlungen überhaupt ausgewählt und angesteuert werden und mit welcher Anstrengung und Ausdauer sie durchgeführt werden. Indirekt beeinflussen SWE damit auch den Handlungserfolg (Schmitz & Schwarzer, 2000). Übertragen auf Physiklehrkräfte bedeutet dies, dass die Qualität physikdidaktischen Handelns nicht nur von (nicht) vorhandenem deklarativen oder prozeduralen Wissen abhängt, sondern dass diese Qualität auch durch Einflüsse von SWE moderiert wird. Als Quellen für die Ausprägung von Lehrer-SWE identifizieren Tschannen-Moran et al. (1998) verbale Beeinflussung (Feedback), stellvertretende Erfahrungen (Vorbilder/ peers), physiologische Erregungszustände und eigene prägende Erfahrungen („mastery experiences“). Für zukünftige Physiklehrkräfte konnten Riese und Reinhold (2010) feststellen, dass ein hohes Fachwissen mit einer größeren Selbstwirksamkeit bezogen auf das Physik-Lehren einhergeht. Sind SWE erst einmal ausgeprägt, scheinen sie sich tendenziell änderungsresistent zu verhalten (Tschannen-Moran et al., 1998). Allerdings bewirken Praxisphasen, in denen eigene Lehrerfahrungen gemacht werden - die dann vermutlich zu den prägenden Erfahrungen zu zählen sind und eine realistischere Einschätzung der eigenen Kompetenzen bewirken - eher einen Rückgang der eigenen SWE. Forschungsergebnisse im Bereich der allgemeinen Lehrer-SWE unterstützen die These, dass SWE eine relevante Einflussgröße beim Lehrerhandeln darstellen. So zeigen sich Einflüsse auf die Unterrichtsvorbereitung und -führung, insbesondere auf das konstruktive Unterstützungsverhalten bei Schülerinnen und Schülern mit Verständnisschwierigkeiten. Darüber hinaus deuten sich Zusammenhänge zum

¹ Abzugrenzen sind die SWE von der Handlungsergebniserwartung (outcome efficacy) und dem Selbstkonzept. Während ersteres die Erwartung, dass es überhaupt in der Macht des Individuums steht, ein bestimmtes Handlungsergebnis herbeizuführen, beschreibt, handelt es sich bei dem Selbstkonzept um eine globaleere Einschätzung zu den eigenen Fähigkeiten und den damit verbundenen Selbstwertgefühlen: „Self efficacy is assessed at a more microanalytic level than are other expectancy constructs“ (Pajares, 1996, S. 546).

Wissenserwerb von Schülerinnen und Schülern an sowie zu deren Motivation und SWE (vgl. Review von Tschannen-Moran et al., 1998).

Erfasst werden (Lehrer-)SWE typischerweise mit Fragebögen, die auf Selbsteinschätzungen beruhen. Für fachübergreifende Aspekte von Lehrerhandeln liegen einige englischsprachige und deutsche Instrumente vor, bezogen auf das Lehren von Physik ist den Autoren nur eine Skala bekannt (Riese & Reinhold, 2010). Allerdings wird hier eine allgemeine physikdidaktische SWE erhoben und die Formulierung der Items macht eine Abgrenzung zu Selbstkonzept und Handlungsergebniserwartung schwierig. Eine Erhebung globaler SWE hilft nicht oder nur begrenzt bei der Aufklärung von domänen- oder aufgabenspezifischem Handeln (Schmitz & Schwarzer, 2000): „perhaps the greatest challenge has to do with finding the appropriate level of specificity for measurement.“ (Tschannen-Moran et al. 1998, S. 219). Insofern erscheint es zugunsten einer höheren Prädiktivität sinnvoll, Skalen zu physikdidaktischen SWE zu entwickeln, die sich auf relevante und für den Physikunterricht typische Handlungsfelder bzw. die für eine Physiklehrkraft spezifischen Kompetenzen beziehen. Die Entscheidung, welche Handlungsfelder dafür ausgewählt werden sollen, ist angesichts des fehlenden Konsens über Bereiche des PCK mit Blick auf die KMK-Standards zu fachbezogenen Kompetenzen im Fach Physik (2008), die DPG-Quereinsteiger-Studie (Korneck et al., 2010) und auf Projekte im Bereich des Professionswissens (Riese & Reinhold, 2010, QUIP, COACTIV) ein erste Auswahl getroffen worden, die konsensfähig erscheint. Theoriegeleitet entworfen wurden jeweils zwei Skalen zu den Bereichen Experimentieren, Umgang mit Schülervorstellungen und zur schülerorientierten (Re-) Konstruktion physikalischer Inhalte, wobei in jedem Kompetenzbereich eine Skala auf Planungskompetenzen und eine weitere Skala auf Kompetenzen bei der Durchführung von Unterricht abzielt. Die Konstruktionsvorschrift bei der Formulierung der Items orientiert sich an der oben angeführten Definition von SWE und damit an der deutschsprachigen Forschung in diesem Bereich (Schmitz & Schwarzer, 2000). Die Items sind in der ersten Person Singular formuliert (Selbsteinschätzung), adressieren konkrete Kompetenzen („Ich kann..., ich bin in der Lage...“) und die Schwierigkeit wird in Form von Handlungsbarrieren benannt („auch wenn/ obwohl/ nur wenn“), wie die folgenden Beispiele zeigen:

- Ich schaffe es, auch komplexe Themen der modernen Physik für eine Unterrichtseinheit so zu vereinfachen, dass meine Schülerinnen und Schüler sie verstehen. (*srk3*)
- Ich kann die Vorstellungen meiner Schülerinnen und Schüler in meine Unterrichtsplanung einbeziehen, auch wenn sie sehr vielfältig sind. (*svp1*)
- Immer wenn der Unterrichtsverlauf es sinnvoll erscheinen lässt, gelingt es mir, ein Experiment angemessen zu variieren, auch wenn ich das vorher nicht geplant habe. (*exd1*)

Der erste Fragebogenentwurf umfasste sechs Skalen aus jeweils sieben Items, die auf einer vierstufigen Likertskala (stimmt nicht/ kaum/ eher/ genau) zu beantworten waren. Er wurde in einer Pilotierungsstichprobe von n=84 Lehramtsstudierenden an der Universität Potsdam zusammen mit weiteren Skalen zu Lehrerselbstwirksamkeit (Schmitz & Schwarzer, 2000), der allgemeinen SWE (Schwarzer & Jerusalem, 1999) und dem fachspezifischen Selbstkonzept bzgl. Physik im Studium (adaptiert nach Hoffmann et al., 1997) eingesetzt. Anschließende konfirmatorische Faktorenanalysen (durchgeführt mit AMOS 18.0; CFA mit Maximum Likelihood-Verfahren, Cut-Off-Werte der Fit-Indizes: $\chi^2/df < 2.0$, CFI $> .95$, TLI $> .95$, RMSEA $< .08$, $\alpha_c > .6$) führten zum Teil zur Annahme der Skalen (dR-D, Sv-D) und zum Teil zum Ausschluss einiger Items (Ex-P, Ex-D, dR-P, Sv-P). Für alle ausgewählten Bereiche der SWE konnten akzeptable bis gute Skalen identifiziert werden.

Eine Blick auf die Zusammenhänge zwischen den Skalen (Pearson bzw. für nicht-normalverteilte Daten: Kendalls Tau B, Spearman Rho) zeigt, dass keine oder nur sehr geringe Korrelationen zwischen dem erhobenen Selbstkonzept und den verwendeten SWE-Skalen auftreten, was die theoretisch begründete Trennung der Konstrukte aufgrund der vorliegen-

den Daten unterstützt. Zwischen der allgemeinen SWE und den pilotierten Skalen zur physikdidaktischen SWE sind schwache Korrelationen zu beobachten ($\tau > .225$, $\rho > .295$, $\alpha < .05$), die dafür sprechen, dass sich die erhobenen Konstrukte zwar ähneln, aber nicht das gleiche messen. Die Zusammenhänge mit der Lehrer-SWE sind uneinheitlich und nicht einleuchtend interpretierbar, was damit zusammenhängen mag, dass die verwendete Skala (trotz einer Revision) in der Pilotierungsstichprobe nur unbefriedigende Skalenkennwerte zeigt. Die Skalen zu Planungs- und Durchführungsaspekten der jeweiligen Kompetenzbereiche korrelieren in mittlerem Maße miteinander ($\tau > .404$, $\rho > .521$, $\alpha < .05$). Diese Ergebnisse unterstützen die theoretische Annahme, dass zwischen SWE, die sich auf Planungs- bzw. Durchführungshandlungen beziehen, zu unterscheiden ist.

Ein erster Blick auf die Skalenwerte der Pilotierungsstichprobe zeigt, dass Studierende mit Praxiserfahrungen im Unterrichten im Mittel niedrigere SWE auf allen Skalen angeben, wobei der Unterschied bei drei Skalen signifikant mit mittleren Effektstärken ist (SWE-Ex-D, SWE-Sv-P, SWE-Sv-D: $p < .006$, $d > .586$; Ergebnisse des t-Tests wurden mit Mann-Whitney-U-Test als nicht-parametrisches Verfahren bestätigt). Diese Beobachtung bestätigt den in der Literatur berichteten „Praxischock“ von zukünftigen Lehrkräften und damit indirekt auch die Konstruktvalidität der eingesetzten Skalen. Weiterhin sind durchgängig signifikante Unterschiede beim paarweisen Vergleich der Planungs- und Durchführungsskalen der jeweiligen Kompetenzbereiche zu finden, wobei die SWE in Bezug auf die Durchführung von Unterricht interessanterweise höher eingeschätzt werden (t-Test $p < .001$, $d > .201$). Eine vorläufige und nur mit Vorsicht zu genießende Interpretation könnte davon ausgehen, dass den Studierenden die Durchführung von Unterricht im Sinne einer stellvertretenden/ passiven Erfahrung durch die eigenen Physiklehrkräfte vertraut ist, während die wenigsten Studierenden bereits Erfahrungen oder Einblicke in Planungshandeln erhalten haben.

Eine weitere Pilotierung der entwickelten Skalen sowie die Konzeption weiterer Skalen zu physikdidaktischen SWE sind angesichts der bisherigen Ergebnisse sinnvoll. Geplant sind außerdem Querschnittserhebungen und dann eine Längsschnittstudie, die SWE in erster und zweiter Ausbildungsphase bis in den Berufseinstieg in den Blick nimmt. Ein besonderer Fokus wird dabei auf die Einflüsse von Praxiserfahrungen auf SWE zu legen sein.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469-520
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Peters-Haft, S. (1997). An den Interessen von Jungen und Mädchen orientierter Physikunterricht. Kiel: IPN
- Korneck, F. et al. (2010). Quereinsteiger in das Lehramt Physik. Lage und Perspektiven der Physiklehrerbildung in Deutschland. Bad Honnef: DPG
- Pajares, F. (1996). Self-Efficacy Beliefs in Academic Settings. Review of Educational Research, 66, 543-578
- Park, S. & Oliver, J.S. (2008). Revisiting the Conceptualization of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. Research in Science Education, 38, 261-284
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professionelle Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. ZfDN, 16, 167-187
- Schmitz, G.S. & Schwarzer, R. (2000). Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrern: Längsschnittbefunde mit einem neuen Instrument. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 14 (1), 12-25
- Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2008): Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i.d.F. vom 16.09.2010
- Shulman, L.S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. Educational Researcher, 15 (2), 4-14
- Tschannen-Moran, M., Woolfolk Hoy A. & Hoy, W.K (1998). Teacher Efficacy: Its Meaning and Measure. Review of Educational Research, 68, 202-224

Thorid Rabe
Olaf Krey
Claudia Meinhardt

Universität Potsdam

Physikdidaktische Selbstwirksamkeitserwartungen (zukünftiger) Physiklehrkräfte II – eine Projektskizze

Im Rahmen dieses Beitrags wird ein Forschungsvorhaben zu Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) zu physikdidaktischen Handlungsfeldern skizziert und zur Diskussion gestellt. Nach einem kurzen Rekurs auf den theoretischen Hintergrund werden die geplanten Schritte zur inhaltlichen Entwicklung von Skalen und deren Validierung vorgestellt.

Theoretischer Hintergrund

An anderer Stelle (Rabe et al., 2013, in diesem Band) wurde die These aufgestellt, dass die motivationale Seite kompetenten Lehrerhandelns ebenso der Aufmerksamkeit bedarf wie das Professionswissen beispielsweise im Bereich der Fachdidaktik, das einen kognitiven Aspekt von Lehrerprofessionalität darstellt. Die Analyse von Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) zu physikdidaktischen Handlungsfeldern, so die Schlussfolgerung, verspricht weitere Aufklärung darüber, wie professionelle Kompetenz von Lehrkräften deren reale Handlungen beeinflusst. Damit eine möglichst hohe Prädiktivität erreicht werden kann, sollten auch die SWE auf einem passenden Spezifitätsniveau und nicht nur global erfasst werden. Soll also das Handeln in physikdidaktischen Feldern untersucht oder sogar vorhergesagt werden, benötigt man nicht nur Tests zum physikdidaktischen Wissen der Lehrkräfte, sondern auch Instrumente, um SWE in diesen Handlungsfeldern zu erfassen. Um zu überprüfen, ob die Entwicklung von Skalen zu SWE in physikdidaktischen Handlungsfeldern gelingen kann, wurde eine Pilotstudie durchgeführt, in der sechs Skalen erprobt wurden, die für die Bereiche „Umgang mit Schülervorstellungen“, „Umgang mit Experimenten“ und „schülerorientierte Elementarisierung von physikalischen Inhalten“ entwickelt wurden und sich auf Planung oder Durchführung von Physikunterricht beziehen. Die Ergebnisse der ersten Pilotierung ermutigen, die Skalenentwicklung in dieser Richtung fortzusetzen.

Projektziele

Ziel ist es, erstens (weitere) Skalen für relevante physikdidaktische Handlungsfelder zu entwickeln, die im Rahmen des Studiums, des Vorbereitungsdienstes und der Berufseinstiegsphase eingesetzt werden können, und zweitens diese Skalen qualitativ und quantitativ im Rahmen einer Pilotstudie zu validieren. Drittens sollen physikdidaktische SWE für verschiedene Zeitpunkte in den genannten Phasen der Ausbildung von Physiklehrkräften beschrieben und in Ansätzen auch in ihrer Entwicklung mit Blick auf Praxiserfahrungen erfasst werden.

Projektschritte

Aus den bisherigen Forschungsbefunden und der skizzierten Pilotstudie lässt sich demnach folgender Forschungsplan ableiten.

(1) Zunächst werden weitere Skalen zu relevanten physikdidaktischen Handlungsfeldern entworfen. Bereits in der Entwicklung begriffen sind hier Skalen, die SWE zum Umgang mit Aufgaben in Planung und Durchführung von Physikunterricht erfassen. Angedacht sind Skalen zur SWE bezüglich der Planung und Gestaltung von Interesse und Motivation förderndem Physikunterricht und eines sprachsensitiven Physikunterrichts.

(2) Alle entwickelten Skalen werden dann im Rahmen einer Pilotstudie mit Hilfe qualitativer und quantitativer Methoden validiert und erprobt. (2a) Zunächst werden die Skalen inhaltlich validiert, indem Physikdidaktik-Experten in einem zweistufigen Verfahren befragt werden. Pro Skala sollen mindestens fünf Experten zur Analyse gewonnen werden. Mit Hilfe eines Fragebogens werden zunächst Einschätzungen dazu erhoben, ob es sich jeweils um relevante physikdidaktische Handlungsfelder handelt und diese in den Skalen angemessen bzw. vollständig dargestellt werden. Auf Basis der Fragebögen werden im Anschluss Interviews mit einzelnen Experten geführt, um offen gebliebene und neu entstandene Fragen zur inhaltlichen Passung zu klären. Um abzusichern, ob sich das Konstrukt der SWE in der Itemformulierung angemessen widerspiegelt, werden einzelne Experten, die im Bereich der SWE außerhalb der physikdidaktischen Community forschen, ebenfalls befragt.

Ebenfalls der inhaltlichen Validierung, aber auch der Überprüfung der Verständlichkeit für die verschiedenen Studien- bzw. Ausbildungsphasen, dient eine Studie mit Studierenden aus verschiedenen Semestern, Referendaren und Berufsanfängern im Lehramt Physik. Die TeilnehmerInnen werden beim Lesen der Skalen zu lautem Denken aufgefordert, das sich an Fragen bzw. Impulsen zum Itemverständnis, zur Selbsteinschätzung und zu Gründen/Argumenten für diese Selbsteinschätzung orientiert.

Parallel dazu wird das Format der eingesetzten Likert-Skala überprüft, die bisher vierstufig angelegt war und damit nicht die Möglichkeit einer „neutralen“ Selbsteinschätzung ließ. Letzteres soll beibehalten werden, allerdings sollen anhand einer Befragung von Studierenden Hinweise gewonnen werden, ob eine sechsstufige Skala unter Umständen besser angenommen wird und ein differenzierteres Bild besonders von Veränderungen der SWE zulässt.

(2b) Um die Skalen weiter validieren zu können, werden in einem nächsten Schritt statistische Methoden angewendet. Dazu sind die physikdidaktischen SWE von Studierenden, Referendaren und Berufsanfängern mit Hilfe der Skalen in den sechs Handlungsfeldern jeweils für die Dimensionen Planung und Durchführung von Physikunterricht zu erheben. Die Stichprobe muss so groß gewählt werden, dass eine Prüfung der diskriminanten und konvergenten Validität der Skalen möglich ist. Die Stichprobe soll dabei möglichst viele Standorte und Ausbildungs- bzw. Schulformen (PH/ Uni/ Studienseminare/ Schule) berücksichtigen. Geplant ist, die Skalenstruktur bzw. -qualität sowohl mittels klassischer konfirmatorischer Faktorenanalysen (KFA) als auch über Rasch-Modelle zu überprüfen.

Im Anschluss kann dann über Korrelationsanalysen mit zeitgleich erhobenen Konstrukten (Allgemeine SWE; Lehrer-SWE, locus of control) geprüft werden, ob sich die erfassten physikdidaktischen SWE hinreichend abgrenzen bzw. zuordnen lassen. Aus ersten exploratorischen Varianzanalysen z.B. zum Vergleich von Gruppen mit unterschiedlichen Unterrichtserfahrungen lassen sich weitere Hinweise auf die Validität der Skalen gewinnen.

Halten die entwickelten Skalen dieser Erprobung stand, werden die Ergebnisse dieser Pilotstudie in Form eines Skalenhandbuchs zusammengefasst und der Community zur Verfügung gestellt.

(3) Schließlich kann sich eine erste Querschnittserhebung von physikdidaktischen SWE anschließen, die mit längsschnittlichen Elementen versehen ist. Wieder werden die drei genannten Phasen – Studium, Vorbereitungsdienst und Berufseinstiegsphase – in den Blick genommen. Alle Befragten sollen zu mindestens drei Erhebungszeitpunkten im Abstand von ca. einem halben Jahr befragt werden, wobei besonders Phasen, in denen Praxiserfahrungen im Unterrichten von Physik gesammelt werden, erfasst werden sollen. Nach Möglichkeit werden jeweils zwei Universitäten und Pädagogische Hochschulen mit einem jeweils vergleichbaren physikdidaktischen Curriculum für diese Erhebung gewonnen und Referendare und Berufsanfänger aus den zugehörigen Bundesländern befragt. Realisiert wird

diese Erhebung teils mittels klassischer paper and pencil Befragungen, teils über online-Befragungen.

Die Auswertung der Daten soll einen Einblick geben, ob und wie sich physikdidaktische SWE im Verlauf der erfassten Phasen verändern. Eine wichtige Fragestellung in diesem Zusammenhang, die sich auch aus dem aktuellen Forschungsstand (vgl. Tschannen-Moran et al., 1998; Cakiroglu et al., 2012) ergibt, betrifft die möglichen Veränderungen der SWE durch Praxiserfahrungen. Auf Basis der Forschungsliteratur und der durchgeführten Pilotstudie kann die Hypothese aufgestellt werden, dass physikdidaktische SWE in Praxisphasen im Studium eher auf ein niedrigeres Niveau sinken, während sie sich in späteren Phasen stabilisieren (Hoy & Spero, 2005; Hoy & Woolfolk, 1990). Sollte sich diese Hypothese anhand der erhobenen Daten untermauern lassen, erscheint es sinnvoll, eine umfangreichere Langzeitstudie zur Entwicklung von physikdidaktischen SWE anzudenken, die wiederum einen besonderen Fokus auf die Praxisphasen richtet.

Ausblick

Neben der bereits erwähnten Langzeitstudie sind langfristig – sofern sich die Skalen bewähren – ebenfalls Projekte denkbar, die die Zusammenhänge zwischen physikdidaktischem Wissen, SWE in physikdidaktischen Handlungsfeldern und Unterrichtshandeln untersuchen. Voraussetzung ist das Vorhandensein zugänglicher Tests für das physikdidaktische Professionswissen und die Passfähigkeit zwischen den verwendeten Instrumenten. In diesem Zusammenhang ist aus testökonomischer Perspektive darüber nachzudenken, ob jeweils eine Kurzskala zu physikdidaktischen SWE für die Planung und Durchführung von Physikunterricht (ähnlich dem STEBI, vgl. Bleicher, 2004) zu konstruieren ist, die dann auf einem mittleren Spezifitätsniveau einzuordnen wären, weil sie nicht mehr nach einzelnen Handlungsfeldern differenzieren.

Literatur

- Bleicher, R. E. (2004). Revisiting the STEBI-B: Measuring Self-Efficacy in Preservice Elementary Teachers. *School Science and Mathematics*, 104 (8), 383-391
- Cakiroglu, J., Capa-Aydin, Y. & Woolfolk Hoy, A. (2012). Science Teaching Self Efficacy Beliefs. In B. J. Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie (Hrsg.), *Second International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 449-462
- Hoy, A. W. & Spero, R. B. (2005). Changes in teacher efficacy during the early years of teaching: A comparison of four measures. *Teaching and Teacher Education*, 21 (4), 343-356
- Hoy, W. K. & Woolfolk, A. E. (1990). Socialization of Student Teachers. *American Educational Research Journal*, 27 (2), 279-300
- Tschannen-Moran, M., Woolfolk Hoy A. & Hoy, W.K. (1998). Teacher Efficacy: Its Meaning and Measure. *Review of Educational Research*, 68, 202-224

Scientific Inquiry im Studium Längsschnitt zur Kompetenzerfassung im Lehramt Chemie

Anliegen und theoretischer Hintergrund

Kompetenzmodellierung und -erfassung wird aktuell als Grundlage für bildungspolitische Steuerung vorangetrieben (z.B. Klieme, Leutner & Kenk, 2010), insbesondere für den Bereich der Primar- und Sekundarbildung. Jüngst wird auch eine Übertragung des Kompetenzbegriffs auf die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften konstatiert (Kunter, 2010). Aufschnaiter und Blömeke (2010) fordern Kompetenzorientierung der Lehrerbildungsforschung auch in den Naturwissenschaften (vgl. auch Schecker & Parchmann, 2006; Reinhold, 2004). Besondere Bedeutung haben die Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung bzw. des fachmethodischen Wissens, die als Komponente des Fachwissens aufgefasst werden (z.B. Baumert & Kunter, 2006). Diese werden bei Studierenden bisher gezielt nur in einzelnen Studien untersucht (z.B. für die Physik Woitkowski, Riese & Reinhold, 2011). Für eine passgenaue Evaluation der Fähigkeiten Chemie-(Lehramts-)Studierender fehlen bislang adäquate Messinstrumente.

Im Kooperations-Projekt „Ko-WADiS“¹ („Kompetenzmodellierung und -erfassung zum Wissenschaftsverständnis über naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen bei Lehramtsstudierenden in den drei naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik“) wird diesem Desiderat begegnet.

Projektpartner sind die Freie Universität Berlin, die Humboldt-Universität zu Berlin sowie die Universitäten Wien und Innsbruck. Gefördert wird dieses Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Forschungsprogramms KoKoHs (Kompetenzmodellierung und Kompetenzerfassung im Hochschulsektor).

Forschungsziele

Ziel dieser Multikohorten-Studie im Längsschnittdesign ist die Modellierung von Kompetenzen Lehramts-Studierender in den drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik im Bereich der Erkenntnisgewinnung (FF₁), sowohl hinsichtlich ihrer Struktur (FF₂) als auch ihrer Entwicklung (FF₃).

Die zentralen Forschungsfragen sind im Einzelnen:

- Inwiefern stellen die naturwissenschaftlichen (nw.) Fächer derart ähnliche Strukturen dar, dass Kompetenzstrukturen im Bereich Erkenntnisgewinnung über die Fächergrenzen hinweg generalisierbar sind?
- Welche Struktur haben die nw. Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung bei Studierenden (mit Lehramtsoption)?
- Wie entwickeln sich die nw. Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung bei Studierenden mit Lehramtsoption?

Methode & Instrumente

Operationalisierung

Für die hier beschriebene Studie werden die Operationalisierungen der Kompetenzen im Bereich der nw. Erkenntnisgewinnung, die von Nehring, Nowak, Tiemann & Upmeyer zu Belzen (2012) vorgeschlagen werden, modifiziert übernommen. Die Autoren haben dabei das Ziel der Identifizierung von Merkmalen der Erkenntnisgewinnung in Biologie- und

¹ http://www.kompetenzen-im-hochschulsektor.de/225_DEU_HTML.php

Chemieunterricht und der Anwendung eines für beide Fächer validen Kompetenzstrukturmodells zur Beschreibung der jeweiligen Schülerfähigkeiten verfolgt (ebd.). Das Modell umfasst zwei Dimensionen, die „Naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen“ einerseits, das „Wissenschaftliche Denken“ andererseits. Diese beiden Dimensionen sind als Teil naturwissenschaftlicher Erkenntnisakte für beide Fächer gültig (ebd.; vgl. Hacking, 1996).

In Anlehnung an Millar (2004) und Popper (2004) wird für die hier beschriebene Studie, abweichend Kompetenzstrukturmodell von Nehring et al. (2012), auf eine Aufgliederung der beiden Untersuchungsarten „Experiment“ und „Beobachten & Vergleichen & Ordnen“ verzichtet. Entsprechend spielt sich die Erkenntnisgewinnung entweder im Bereich der Modellwelt (bzw. der Modelle) oder im Bereich der sogenannten Erfahrungswelt ab. Erstere ist gekennzeichnet durch Annahmen und Verallgemeinerungen – gesteuert durch Gedanken; letztere ist gekennzeichnet durch das Beobachten, Messen/Experimentieren – gesteuert durch Wahrnehmungen (vgl. auch Leisner-Bodenthin, 2006).

Die Modellnutzung wird in Anlehnung an Upmeier & Krüger (2010) als „Zweck von Modellen“, „Testen von Modellen“ und „Ändern von Modellen“ operationalisiert.

Modelle nutzen	Zweck von Modellen	Testen von Modellen		Ändern von Modellen
Untersuchungen durchführen	Fragestellung	Hypothesen	Planung & Durchführung	Auswertung & Reflexion

Tab. 1: Kompetenzstrukturmodell nw. Erkenntnisgewinnung (verändert nach Nehring et al., 2012; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010; Mayer, 2007; NRC, 2012)

Beschreibung der Stichprobe

Die Erhebung wird bei Studierenden im Lehramtsstudiengang der Freien Universität Berlin, der Humboldt-Universität zu Berlin und an den Universitäten Wien und Innsbruck durchgeführt. Erhoben wird im ersten und vierten Semester des grundständigen Bachelorstudiengangs sowie im ersten und vierten Semester des konsekutiven Masterstudiengangs. Es ergibt sich ein $N_{B.Sc.} = 1900$ sowie ein $N_{M.Ed.} = 900$ (Totalerhebung der Lehramtsstudierenden in Chemie, Biologie und Physik). Außerdem werden Studierende in den Monostudiengängen Chemie, Biologie und Physik der beteiligten Universitäten getestet – $N_{B.Sc.} = 650$ und $N_{M.Sc.} = 250$.

Erfassung der Kompetenzen im Bereich naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung

Zur Erfassung der Kompetenzen im Bereich nw. Erkenntnisgewinnung wird ein Itempool generiert, der 10 Items für jede Zelle des zu Grunde liegenden Kompetenzstrukturmodells enthält. Zusammen mit den Items der beiden anderen Domänen werden dementsprechend in der Summe 200 Items konstruiert, die dann im Multi-Matrix-Design auf einzelne Testhefte verteilt werden.

In einer kleinskaligen Vorstudie ($N = 89$) konnten der schwierigkeiterzeugende Charakter einzelner Merkmale und der Einfluss verschiedener Kontexte auf die Motivation und Lösungswahrscheinlichkeit analysiert werden. Für den konstruierten Leistungstest Erkenntnisgewinnung (32 Items: $M = 21$; $SD = 4,82$; $\alpha = .879$; $.40 < P_i < .94$; $.20 < P_{i(korr)} < .92$; $.139 < r_{it} < .766$) ließen sich zufriedenstellende Kennwerte ermitteln. Ergebnisse einer linearen Regression deuteten zudem auf hohes Vorhersagepotential von kognitiven Fähigkeiten, angestrebtem Abschluss und Vorwissen hin (vgl. Stiller, 2011; vgl. auch Stiller & Tiemann, 2012).

Erfassung von Kontrollvariablen

Als weitere Kontrollvariablen werden u.a. das kontextspezifische Vorwissen, Wissen zu „Nature of Science“ & „Nature of Scientific Inquiry“ erhoben.

Geplante Analysen und Ausblick

Nach Abschluss der Erhebungen werden Itemparameter berechnet, darauf aufbauend wird jeweils eine Itemselektion vorgenommen. Weitere Analysen betreffen die Dimensionalität, individuelle Entwicklungsverläufe und die Graduierung der Kompetenzskalen in Niveaustufen (vgl. Tiemann & Stiller, 2012).

Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Förderung dieses Projekts im Rahmen des Forschungsprogramms KoKoHs. Es endet im Mai 2015.

Literatur

- Aufschnaiter, C. v. & Blömeke, S. (2010). Professionelle Kompetenz von (angehenden) Lehrkräften erfassen - Desiderata. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 16, 361-367
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469-520
- Klieme, E., Leutner, D., & Kenk, M. (2010). Kompetenzmodellierung. In E. Klieme, D. Leutner & M. Kenk (Hrsg.), *Kompetenzmodellierung. Eine aktuelle Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms*. Weinheim, Basel: Beltz
- Kunter, M. (2010). Modellierung von Lehrerkompetenz. *Zeitschrift für Pädagogik* (56. Beiheft), 307-312
- Leisner-Bodenthin, A. (2006). Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 12, 91-109
- Hacking, I. (1996). *Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaften*. Stuttgart: Reclam
- Mayer, J. (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Springer, Berlin Heidelberg, 177-186
- Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. Paper presented in the Meeting: High School Science Laboratories: Role and Vision. National Academy of Sciences, Washington, DC
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press
- Nehring, A., Nowak, K., Tiemann, R. & Upmeyer zu Belzen, A. (2012). "VerE"-Studie – Aufgabentwicklung für eine modellbasierte Erfassung von Schülerkompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung des Chemie- und Biologieunterrichts. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Jahrestagung in Oldenburg 2011*. Münster: LIT, 269-271
- Popper, K. R. (2004). *Alles Leben ist Problemlösen. Über Erkenntnis, Geschichte und Politik*. Jubiläums-Edition. München, Zürich: Piper
- Reinhold, S. (2004). Naturwissenschaftsdidaktische Forschung in der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 10, 117-145
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 12, 45-66
- Stiller, J. (2011). Konstruktion und Evaluation von Testitems zur Erhebung von Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung bei Studierenden. Masterarbeit. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin (unveröff.)
- Stiller, J. & Tiemann, R. (2012). Scientific-Inquiry-Kompetenzen von Chemie-Studierenden. Poster-Vortrag im Rahmen der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCCP) in Hannover.
- Tiemann, R. & Stiller, J. (2012). Längsschnitt zur SI-Kompetenzerfassung Chemie(Lehramts)-Studierender. Poster-Vortrag im Rahmen der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCCP) in Hannover
- Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010): Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 16, 41-57
- Woitkowski, D., Riese, J. & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 17, 315-337

Aufgabenkompetenz in Physik-Fachgruppen an Haupt- und Realschulen

Um innovative Unterrichtskonzepte im Physikunterricht erfolgreich umsetzen zu können, bedarf es der systematischen Professionalisierung angehender und praxiserfahrener Lehrkräfte. Der Einsatz von Aufgaben als Strukturelemente des Unterrichts kann innovativ sein, wenn diese Aufgaben kognitiv anregen, Vorwissen und Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern aktivieren und Lernprozesse in Gang setzen (vgl. Thonhauser, 2008). Um dies zu erreichen, müssen Lehrkräfte vertraut sein im Umgang mit Aufgaben, insbesondere mit solchen, die Lernen fördern sollen. Im Vorfeld einer Fortbildung von Lehrkräften müssen die subjektiven Überzeugungen untersucht werden, die Physiklehrkräften zur Rolle von Aufgaben bei der Gestaltung von Unterricht haben (vgl. Staub & Stern, 2002), um geeignete Aus- und Fortbildungsmodule zur Entwicklung von „Aufgabenkompetenz“ zu konstruieren.

Dem vorliegenden Promotionsprojekt liegt das Modell der Didaktischen Rekonstruktion zugrunde; es ist Teil des Promotionsprogramm „ProfaS – Prozesse fachdidaktischer Strukturierung für Schulpraxis und Lehrerbildung“, dessen Grundidee es ist, dass geeignete Aus- und Fortbildungselemente für den Lehrerberuf nur dann entwickelt werden können, wenn sie auf fachdidaktischen Ansätzen und den Erkenntnissen zum Denken und professionellen Lernen von Lehrkräften sowie ihren subjektiven Theorien gleichermaßen beruhen (Komorek & Kattmann, 2008). Dazu ist es notwendig, die Beziehungen zwischen fachdidaktischen Konzeptionen und Perspektiven von Lehrkräften herauszuarbeiten und sie konstruktiv zu nutzen. Die vorliegende Studie fokussiert auf das Strukturelement Aufgaben (vgl. Abb. 1).

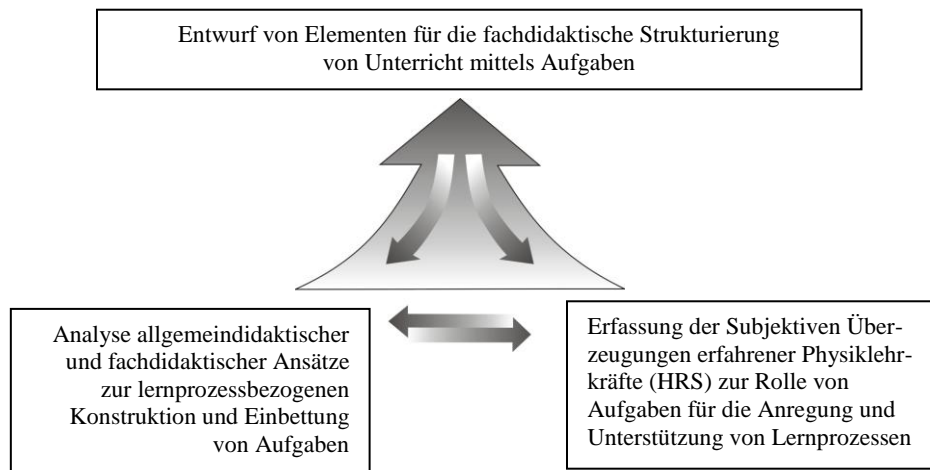


Abb. 1: Verortung der Studie im Modell der Didaktischen Rekonstruktion für Schulpraxis und Lehrerbildung

Der Schwerpunkt der Studie liegt zunächst bei der Untersuchung von Prozessen der Implementation potentiell lernfördernder Aufgaben im Physikunterricht von Physik-Fachgruppen. Dies schließt Fragen nach der Konstruktion, Adaption, Bewertung und Einbettung in den Unterricht durch Lehrkräfte mit ein. Folgende Forschungsfragen sind also zu klären:

- Welche subjektiven Überzeugungen zu lernfördernden Aufgaben, ihrem Nutzen und den Wegen ihrer Einbettung haben Physiklehrkräfte - und wie lassen sie sich entwickeln?
- Wie lassen sich Prozesse der Konstruktion, Adaption und Implementation potentiell lernfördernder Aufgaben im Physikunterricht beschreiben?
- Wie trägt die Nutzung von Aufgaben zur generellen Professionalisierung bei?
- Wie lassen sich Elemente für die fachdidaktische Strukturierung von Physikunterricht mit Aufgaben und Modulen für die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften konstruieren?

Pilotinterviews mit Lehrkräften von Haupt- und Realschul-Fachgruppen zur Rolle von Aufgaben im Physikunterricht haben ein differenziertes Bild davon zeichnen lassen, dass Lehrkräfte Aufgaben einerseits nur eingeschränkt nutzen, ihnen andererseits ein großes Potential im Lernprozess zusprechen. Diesen Gegensatz gilt es aufzuklären. Eine Literaturanalyse von Ansätzen zur lernprozessbezogenen Aufgabenkonstruktion hat erbracht, dass lernfördernde Aufgaben u.a. Alltagsvorstellung aufgreifen, abwechslungsreich und lebensweltorientiert sowie fächerübergreifend und anwendungsbezogen sind, verschiedene Lösungswege und Zugangsweisen bieten und Kreativität und Problemlösekompetenz unterstützen (vgl. MNU, 2001; Thonhauser, 2008; Schmit, 2009; Leisen, 2010; Bohl et al., 2012). Die gewonnenen Erkenntnisse sind genutzt worden, um in der Lehrergruppe „piko-Lernaufgaben“ lernfördernde Aufgaben zu konstruieren und in den Klassen der beteiligten Lehrkräfte zu erproben. Als ein Ergebnis ist ein Band mit kontextorientierten Lernaufgaben zu den Themen Elektrik, Optik, (Elektro-)magnetismus (Richter & Komorek, 2012) veröffentlicht worden. - Die Hauptstudie ist als Teaching Experiment strukturiert, das die Reaktion von Lehrkräften auf Inputs bzgl. lernfördernder Aufgaben erhebt und sie aufgabenbezogene Praxisaufgaben bearbeiten lässt (Abb. 2).

Struktur des teaching experiment

Gemeinsame Sitzung: Festlegung von Zielen, Input zu Aufgaben



Interview zur Bestandsaufnahme: Aufgabenkonstruktion für eigenen Unterricht



Erprobung mit Auswertung →



Sitzung in den Kollegien: Input zur Konstruktion „lernfördernder“ Aufgaben



Einzelsitzung: Konstruktion weiterer Aufgaben zum Unterrichtsthema



Erprobung mit Auswertung →



Konstruktion weiterer Aufgaben zum Unterrichtsthema (Coaching)



Erprobung mit Auswertung →



Reflexionssitzung in den Kollegien; Aufgabenkonstruktion ohne Coaching



Erprobung mit Auswertung →



Abschlussveranstaltung



Abb. 2: Struktur des teaching experiment zur Nutzung von lernfördernden Aufgaben

Im teaching experiment wird untersucht, wie Lehrkräfte über potentiell lernfördernde Aufgaben denken, was genau sie an vorgegebenen Aufgaben für lernförderlich oder lernhinderlich ansehen, wie sie Vorschläge für neue Aufgabentypen annehmen und für ihren Unterricht adaptieren. Letztlich besteht die Frage, wie sich im Verlauf der über mehrere Wochen hinziehenden Treffen zwischen Interviewleiterin und Lehrkraft deren Sichtweise auf Aufgaben verändert bzw. erweitert und ausdifferenziert. Das teaching experiment umfasst dabei zugleich Instruktionselemente und Interviewelemente sowie Praxisaufgaben, die zwischen den Sitzungen zu bearbeiten sind.

In der Gruppe wird dabei diskutiert, welche Ziele beim Einsatz von Aufgaben verfolgt werden können; es werden Informationen und Best-Practice-Beispiele für den Einsatz von „Lernaufgaben“ gegeben sowie Ergebnisse aus Studien dazu präsentiert, wie Schülerinnen und Schüler mit Aufgaben umgehen. Im Einzelgespräch sollen Lehrkräfte Aufgaben bewerten, auswählen, neu konstruieren und in ihren real zu planenden Unterricht einbetten. Dabei werden die ablaufenden Prozesse dokumentiert und in Interviewpassagen hinterfragt. Bedarfsgerechte Inputphasen unterstützen und provozieren das professionelle Lernen der beteiligten Lehrkräfte. Die Leitfragen sind hier spezifischer:

- Wie beurteilen Lehrkräfte Aufgaben (Schulbuch, Arbeitsblätter) in Bezug auf mögliche Lernwirksamkeit (Integrationsgrad, Präzisionsgrad, Entscheidungsfreiheit)?
- Wie konstruiert sie Aufgaben oder verändert vorhandene so, dass sie Lernen der SchülerInnen unterstützen können?
- Wie diagnostizieren sie den Lernfortschritt der SchülerInnen mit Hilfe dieser Aufgaben?

Erste teaching experiment-Durchführungen machen deutlich, dass ein Erkennen von „Subjektiven Theorien“ der Lehrkräfte zum Einsatz von Aufgaben im Physikunterricht zeitlich ausgedehnte Prozesse benötigt. In der Interaktion mit dem Coach werden Funktionen und Strukturierungen von Aufgaben vorläufig erprobt und die beobachtete Wirkung im Unterricht mit den erwarteten verglichen. Das teaching experiment führt zu einem Teaching-Learning-Prozess bei den Lehrkräften, aus dem sich Vorschläge für Fortbildungen ableiten lassen.

Literatur

- Bohl, Th., Kleinknecht, M., Batzel, A. & Richey, B. (2012). Aufgabenkultur in der Schule. Hohengehren: Schneider
- 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
- Komorek, M. & Kattmann, U. (2008). The Model of Educational Reconstruction. In S. Mikelskis-Seifert, U. Ringelband & M. Brückmann (Hrsg.), *Four decades of research in science education – from curriculum development to quality improvement*. Münster: Waxmann, 171-188
- Leisen, J. (2010). Mit Aufgaben Kompetenzen diagnostizieren und fördern. Studienseminar Koblenz MNU 2001, Physikunterricht und naturwissenschaftliche Bildung, <http://www.mnu.de/concepta/download.php?datei=128&myaction=save> Stand 25.06.2010
- Oser F. & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of Research on Teaching*. Washington D.C.: American Educational Research Association, 1031-1065.
- Richter, Ch. & Komorek, M. (2012). Die Reise zum Planeten Magneton. Kontextorientierte Lernaufgaben für den Physikunterricht der Sekundarstufe I. Oldenburger Vordrucke 596. Oldenburg: BIS-Verlag
- Schmit, S. (2009). Analytische und empirische Untersuchungen zu kooperativen Lernaufgaben für den Physikunterricht. Masterarbeit. Oldenburg: CvO-Universität
- Staub, F. C. & Stern, E. (2002). The Nature of Teacher's Pedagogical Content Beliefs, Matters for Students' Achievement Gains: Quasi-Experimental Evidence from Elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94 (2), 344-355
- Thonhauser, J. (2008). Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen. Münster: Waxmann

Kristina Hock¹
 Michael Anton¹
 Simone Krees²
 Michael Tausch²
 Joachim Zdziebło³
 Angelika Bader³

¹LMU München
²Bergische Universität Wuppertal
³WACKER CHEMIE AG München

CHEM₂DO – Schulversuchskoffer mit Fortbildungskonzeption

CHEM₂DO ist der neue Schulversuchskoffer von WACKER. Dies ist die dritte Auflage von Experimentiersets, mit denen der Weg innovativer chemischer Entwicklungen aus Forschung und Industrie hinein in den Schulunterricht geebnet werden soll. Dieses hohe Engagement eines Industrieunternehmens hat auch eine intensive didaktische Arbeit induziert. Der WACKER-Schulversuchskoffer CHEM₂DO ist das Ergebnis einer Kooperation der Chemiedidaktiken an der Bergischen Universität Wuppertal und der Ludwig-Maximilians-Universität München mit der WACKER Chemie AG.

Herausgekommen ist nicht nur eine unterrichtstaugliche Kombination von theoretischen Instruktionen und praktischen Handhabungen, sondern auch eine lehrplanrelevante Unterstützung aktueller Bildungsziele, wie sie sich in den Kompetenzbereichen der Nationalen Bildungsstandards widerspiegeln. Der Koffer enthält Chemikalien und Materialien für 4 Silicon- und 4 Cyclodextrinversuche. Wie der Name schon sagt, werden Schülerinnen und Schüler aktiviert, selbst zu experimentieren. Chemikalien sind in ausreichender Menge im Koffer enthalten, um mehrere Schülerpraktika durchzuführen (Abb. 1). Die Experimente sollen im Unterricht bei Schülerübungen eingesetzt werden. Ziel ist, einen handlungsorientierten Unterricht zu unterstützen, der eine Brücke schlägt zwischen Alltagsanwendung, Chemieunterricht und industrieller Herstellung.



Abb. 1: Der Koffer enthält großzügig bemessene Chemikalienmengen und eine Handreichung plus CD-ROM mit Kopiervorlagen.

Anders als bei der Vorgängerversion des Koffers richtet sich CHEM₂DO an die Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I und II. Es gilt diese im Rahmen des Anfangsunterrichtes mit aktuellen Entwicklungen auf dem Markt der Alltagschemie sehr unmittelbar in Kontakt zu bringen. Die sehr schnelle und gleichzeitige Nutzung chemischer Alltagsprodukte soll durch inhaltsfundierte und direkte Handlungsorientierung ergänzt werden. Damit wird das Verstehen von Wirkungsweisen chemischer Produkte im Handel erleichtert und die Genese elementarer Grundbildung gefördert. In den vielfältigen Arbeitsmaterialien werden die Bezüge zu Alltag, Umwelt und Lebenswelt der Schüler deutlich herausgestellt. Die Versuchsanleitungen sind schülergerecht verfasst, um den jüngeren, oft noch chemieunerfahrenen Schülern, den Zugang zu den innovativen Themen Silicone und Cyclodextrine zu ermöglichen. Arbeitsblätter, die Aufgaben mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad enthalten, fördern den Aufbau kumulativen Wissens. Verschiedenartige Modelle verdeutlichen die Vorgänge auf molekularer Ebene und erleichtern den Zugang zur Chemie (vgl. Mödl, Poster 50). So werden Schnittbögen beigelegt, anhand derer die Schüler Funktionsmodelle (Pfeifer et al., 2002) an die Hand bekommen, mit deren Hilfe der submikroskopische Ablauf übersichtlich und variierend nachvollzogen werden kann. In jedem Fall unterstützt diese Maßnahme das „Zwiedenken“ (Christen, 1990). Beim Versuch „Abformasse“ können die Schüler auch ein „Produkt“ mit nach Hause nehmen und damit weiter experimentieren.

Lehrkräfte können sich anhand der Informationsseiten einen schnellen Überblick über den Lehrplanbezug und die konzeptbezogenen Kompetenzen verschaffen. Angaben über Versuchsdauer und Organisationsform erleichtern die Planung des Unterrichts. Vertiefend dazu ergänzen fachliche Hintergrundinformationen und didaktisch-methodische Hinweise die Umsetzbarkeit in die Praxis. Mit dieser aufwändigen Maßnahme soll die Koppelung von Praxis **und** Theorie ökonomisch unterstützt werden. Die Lehrpersonen müssen keine umfangreiche Sekundärliteratur sichten, bis sie sich zur Umsetzung der Versuchsideen befähigt fühlen.

Neben der Gestaltung des Koffers und der mitgelieferten Materialien ist ein wichtiger Aspekt auch die Schulung der Lehrkräfte. So werden in Zusammenarbeit mit den GDCh-Fortbildungszentren ab Herbst 2012 halbtägige Fortbildungen angeboten, die sowohl einen theoretischen Teil als auch einen praktischen Teil beinhalten. Fortbildungstermine in ganz Deutschland werden unter www.wacker.com/schulversuchskoffer veröffentlicht.



Abb. 2: Geruchsprüfung bei der Komplexbildung von Pfefferminzöl in Cyclodextrinen

Den Auftakt dieser Fortbildungsreihe bildete die Schulung der Mitarbeiter der Schulungszentren selbst, die im Juni in München stattfand. In der WACKER-Zentrale in München hörten die Fortbildner nach der Vorstellung der WACKER Chemie AG Vorträge zur Chemie der Silicone und Cyclodextrine von Prof. Dr. Michael Tausch und Dr. Simone Krees. Im Vortrag „How to do CHEM₂DO“ stellte Dr. Kristina Hock die vielfältigen Materialien aus der Handreichung vor und gab Hinweise zum Arbeiten mit den Koffern im Chemieunterricht. In den Laboren der Chemiedidaktik an der LMU bei Prof. Dr. Michael Anton führten die Teilnehmer alle acht Experimente selbst durch und vertieften sich in die Arbeitsmaterialien zu den Versuchen.

Inzwischen sind bereits die ersten Fortbildungen in Burghausen und München durchgeführt worden. Beide Veranstaltungen waren ausgebucht. Die beteiligten Lehrkräfte waren engagiert beim Experimentieren dabei, äußerten sich positiv zu den Materialien und empfanden besonders die Hinweise zur Verknüpfung mit den Lehrplaninhalten im theoretischen Teil als gewinnbringend.

Begleitend zur Entwicklung des Koffers wurden mehrere Zulassungsarbeiten angefertigt (Moll, 2010; Häußler, 2010; Mödl, 2012), welche die Optimierung der Versuche, der dazugehörigen Materialien und deren Einsatz im Unterricht zum Thema hatten. Weitere Untersuchungen, die den Einsatz des Koffers in der Unterrichtspraxis dokumentieren und evaluieren, sind in Arbeit. Ihr erklärtes Ziel ist es, die Einsatzmöglichkeiten des Koffers einerseits zu bestätigen und deren Wirkung zu beschreiben. Andererseits werden weitere Möglichkeiten eröffnet, um auch andere innovative Themen industrieller Entwicklungen schülergerecht aufzubereiten.

Die hier gezeigte enge Zusammenarbeit von Industrie, Universität und Lehrerbildung besitzt Modellcharakter und weist sich selbst als zukunftsfähiges Instrument frühzeitiger und nachhaltiger Nachwuchsförderung aus.

Literatur

- Christen, H.-R. (1990). Chemieunterricht: Eine praxisorientierte Didaktik. Basel: Birkhäuser Verlag AG
- Häußler, S. (2010). Schulversuche mit WACKER-Produkten: Eignung und Relevanz in der Realschule. Examensarbeit. Ludwig-Maximilians-Universität München (unveröffentlicht)
- Mödl, E.-M. (2012). Silicon und Cyclodextrin - Schulversuche mit den Wacker-Produkten. Examensarbeit. Ludwig-Maximilians-Universität München (unveröffentlicht)
- Mödl, E.-M. & Hock K. (2013). CHEM₂DO – Praxistauglichkeit in ausgewählten Aspekten. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 624 - 626). Kiel: IPN.
- Moll, F. (2010). Die Umgestaltung des Schulversuchskoffers der WACKER Chemie AG für Schülerinnen und Schüler des Gymnasiums. Examensarbeit. Ludwig-Maximilians-Universität München (unveröffentlicht)
- Pfeifer, P., Lutz, B. & Bader H.J. (Hrsg.) (2002). Konkrete Fachdidaktik Chemie. München: Oldenbourg

CHEM₂DO – Praxistauglichkeit in ausgewählten Aspekten

Begleitend zur Entwicklung des neuen CHEM₂DO-Koffers wurden zu vier ausgewählten Experimenten Unterrichtseinheiten entwickelt und diese an verschiedenen Schulen in jeweils einer Doppelstunde erprobt. Nach einer kurzen Einführung in die unterschiedlichen Themengebiete konnten die Schüler selbstständig experimentieren. Die Wissenssicherung erfolgte im Anschluss durch das Bearbeiten von Aufgabenblättern.

Folgende Versuche aus dem WACKER-Koffer wurden durchgeführt:

„Der Reiz des Abbilds – Abformung eines Gegenstands“, Schaumkiller – Störung von Schaumlamellen“, „Cyclodextrine – Ein Versteckspiel“, „Rauchzeichen – Brennverhalten von Siliconen“.

Die ersten drei wurden mit unterschiedlichen Schulklassen aus Realschule und Gymnasium in der Praxis getestet und je im Anschluss mit Hilfe von Fragebögen für die Schüler bzw. die Lehrer evaluiert. Der Versuch „Rauchzeichen“ wurde nur im Rahmen eines Projekts erprobt, weshalb keine ausgefüllten Fragebögen zu diesem Versuch vorliegen.

Ein Anliegen war es, dem Entwicklungsstand und den chemischen Vorkenntnissen der Schüler der Sekundarstufe I entgegen zu kommen. Allen Artikulationen war gemeinsam, das Zusammenspiel der drei Betrachtungsweisen phänomenologische Ebene, Modellebene und submikroskopische Ebene aufzuzeigen.

Als Beispiel wird hier das Experiment „Der Reiz des Abbilds“ erläutert. Die Polymerisation eines Siliconkunststoffes wird im Schülerexperiment durchgeführt. Die Versuchsanleitung ist knapp gehalten und wird mit Abbildungen verdeutlicht (Abb.1).

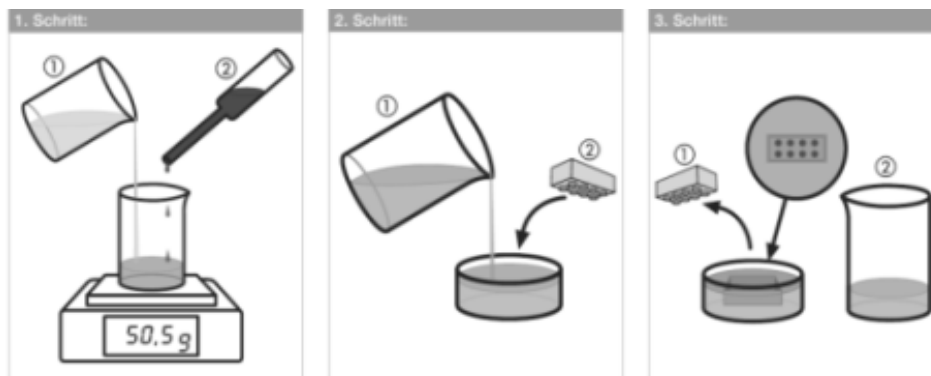


Abb. 1: Graphische Darstellung der Arbeitsschritte

Bei der Versuchsdurchführung wird zunächst die Handlungsebene angesprochen. Die Schüler erlernen fachgemäße Arbeitsweisen (Wiegen, Pipettieren) und sauberes Arbeiten. Das Silicongemisch polymerisiert im Trockenschrank oder Wasserbad innerhalb von 10 Minuten. Diesen Negativabdruck können die Schüler im Anschluss mit nach Hause nehmen und damit selbst Abgüsse aus Wachs oder Gips anfertigen.

Um den Schülern die Reaktion auf molekularer Ebene nahezubringen, wird ein Modell der beiden Reaktionskomponenten (Copolymer und Vernetzer) angeboten (s. Abb. 2). Beim Zusammenlegen der Puzzleteile können die Schüler den Reaktionsablauf nachvollziehen.

Die Sicherung im Unterrichtsverlauf erfolgte mit Aufgaben zum Verständnis der Versuche, die die Schüler im Anschluss bearbeiteten.

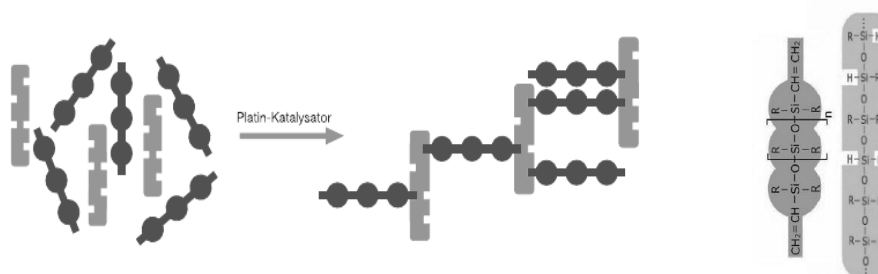


Abb. 2: Puzzlemodell der Reaktionskomponenten,
dunkel: Polymer, hell: Vernetzer, li: vereinfachte Version Sek I, re: Sek II

Evaluation

Bei der Evaluation der Unterrichtseinheit wurden SchülerInnen und LehrerInnen befragt. Dabei wurden jeweils unterschiedliche Facetten abgedeckt.

Der Schülerbogen umfasste unter anderem Items zur Adaptation der Versuche an das vorhandene Wissen, zu Strukturierung und Verständlichkeit von Anleitungen und Aufgabenblättern, zur Anbindung der Versuche an den Schüleralltag sowie zur deren Gelingsicherheit. Auf Seiten der LehrerInnen wurde der Bekanntheitsgrad des Koffers, das Wissen um die Werkstoffe Silicon und Cyclodextrin, ebenfalls die Strukturierung der Versuchsanleitungen sowie die Absicht einer Eingliederung der Experimente in den Unterricht erhoben.

Aufgrund der Durchführung in unterschiedlichen Jahrgangsstufen und Schultypen konnten die Versuche sowohl bei SchülerInnen mit als auch ohne Vorwissen getestet werden. Insgesamt wurden 5 Schulklassen untersucht und 4 Lehrer befragt. Die statistische Auswertung liefert deshalb vorläufige Ergebnisse.

Ergebnisse

Die getesteten Versuche erwiesen sich alle als äußerst gelingsicher. Etwa 68% der Schüler gaben an, dass ihr Versuch „sehr gut“ funktioniert hat, die restlichen 32% bestätigten ein gutes Gelingen.

Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben der Arbeitsblätter erwies sich sowohl für die Sekundarstufe I als auch für die Sekundarstufe II als passend. *Abbildung 3* vergleicht die Selbstständigkeit in der Bearbeitung bei Klassen mit Vorwissen zum jeweiligen Thema und ohne jegliche Vorerfahrung. Das Diagramm veranschaulicht, dass die Aufgaben umso selbstständiger gelöst werden können, je mehr chemische Erfahrung die Schüler mitbringen. Mit etwas Hilfestellung der Lehrkraft konnten dann fast 90% der Schüler ohne Vorerfahrung die Fragen beantworten.

Die Verständlichkeit der Fragestellungen bestätigt Säule drei in *Abbildung 4*.

Einen wesentlichen Aspekt der Untersuchung stellten die neu aufbereiteten Versuchsanleitungen dar. *Abbildung 4* zeigt, dass sowohl die Strukturierung als auch die Ausführlichkeit dieser auf Seiten der SchülerInnen positiv bewertet wurden. Auch die befragten Lehrkräfte zeigten sich damit zufrieden und machten keine Veränderungsvorschläge.

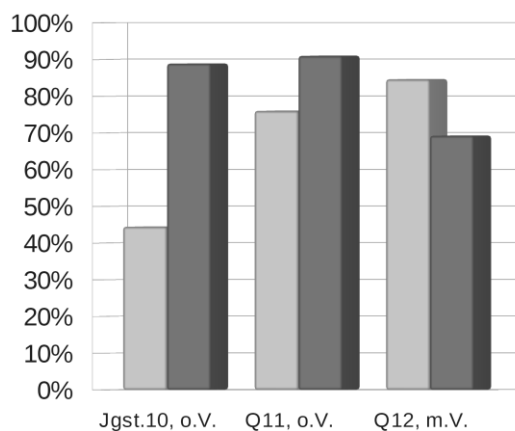


Abb. 3: Selbständigkeit bei der Bearbeitung von Aufgaben, heller Balken: Aufgaben konnten alleine bearbeitet werden, dunkler Balken Bearbeitung mit Hilfestellung (o.V. ohne Vorwissen, m.V. mit Vorwissen)

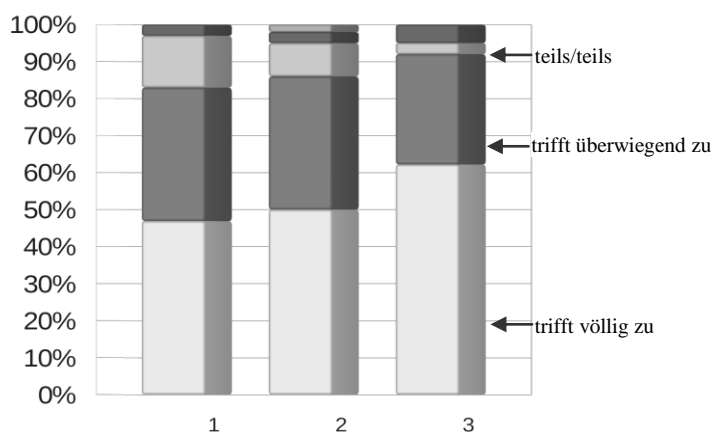


Abb. 4: 1 Die Versuchsanleitungen waren gut strukturiert; 2 Die Versuchsanleitungen waren ausreichend ausführlich; 3 Die Fragestellungen der Aufgaben waren klar und verständlich

Die Befragung zeigte, dass viele der Lehrkräfte nur auf wenige Vorkenntnisse über die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der modernen Werkstoffe Silicon und Cyclodextrin zurückgreifen können, was bezüglich der innovativen Inhalte nicht verwunderlich ist. Eine spontane Eingliederung der Experimente in den gültigen Lehrplan fällt den Lehrern deshalb nicht leicht. Eine intensive Auseinandersetzung mit beiden Stoffgruppen innerhalb einer Schulung erscheint daher sinnvoll. Nichtsdestotrotz fand die neue Konzeption von CHEM_2DO bei den befragten Lehrkräften Anklang. Nach der Durchführung des Praktikums konnten sich daher alle Lehrkräfte sehr gut vorstellen, die Experimente selbst im Unterricht einzusetzen. Ein aussagekräftiges Zitat spiegelt dies wider: „Ein überzeugendes Programm, bei dem sich Theorie und Praxis gut ergänzen.“

BLUKONE – Blended Learning Unterrichtskonzept für Nachhaltiges Energiemanagement

Ziel des Projekts BLUKONE ist die Entwicklung eines maßgeschneiderten Ausbildungskonzepts, das Schülerinnen und Schüler von höheren berufsbildenden technischen Schulen in ‚Nachhaltigem Energiemanagement‘ (NHEM) qualifiziert. Das Projekt wird von einer interdisziplinäre Gruppe aus Forschenden¹ und Studierenden in enger Kooperation mit Lehrenden und Lernenden von berufsbildenden technischen Schulen sowie Stakeholdern aus dem relevanten Unternehmens- und Institutionsumfeld durchgeführt. Es wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ abgewickelt, da zu erwarten ist, dass entsprechend ausgebildete Absolventinnen und Absolventen von technischen berufsbildenden Schulen einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten können.

Bildung für Nachhaltigen Umgang mit Energie mittels Game Based Learning Strategien

Damit es den Auszubildenden im zukünftigen beruflichen Feld gelingt, innovative technische Lösungen unter Einbeziehung der Konsumenten und Konsumentinnen zu gestalten, wird besonderes Augenmerk darauf gelegt, dass die Lernenden die Bedürfnisse und Gewohnheiten potentieller Nutzerinnen und Nutzer in ihre Überlegungen einbeziehen. Daher werden in der Entwicklung des Unterrichtsdesigns neben der inhaltlich-technologischen Ebene sowohl ökonomische Gesichtspunkte als auch soziale Aspekte berücksichtigt.

David Künzli (2007) folgend sind drei Aspekte wesentlich für Unterrichtskonzepte, die der pädagogischen Vision einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) verpflichtet sind:

- Probleme werden nicht verleugnet, sondern als grundsätzlich bewältigbar dargestellt. Dadurch können junge Menschen für die Zukunft optimistisch gestimmt und gestärkt werden.
- In einer komplexen und pluralistischen gesellschaftlichen Wirklichkeit sind nachhaltige Lösungen von räumlichen und zeitlichen Bedingungen abhängig und verlangen einen Aushandlungsprozess.
- Ziel ist nicht die Veränderung des Lebensstil der Menschen, sondern vielmehr die Befähigung und Ermunterung, „eine nachhaltige Entwicklung mitzugestalten und die eigenen Handlungen diesbezüglich kritisch zu reflektieren“ (Künzli 2007, S. 30).

Nachhaltiger Umgang mit Energie wird häufig mit Methoden des spielerischen Modellierens realitätsnaher Situationen vermittelt. Physikdidaktische Forschungsanstrengungen etwa, die sich mit der Entwicklung von Unterrichtskonzepten mit dem Fokus BNE auseinandersetzen, nutzen das spielerische Nachempfinden gesellschaftlicher Praktiken, um kontroverse Positionen herauszuarbeiten (z.B. Eißle, Eicks, Höttecke & Menthe, 2011, S. 12) während im außerschulischen Bereich der nachhaltige Umgang mit Energie häufig mit interaktiven Spielen vermittelt wird (z.B. <http://www.visumsurf.ch/quiz/> oder <http://umweltspiele.ch/energie/>).

¹ Universität Wien/Fakultät für Physik: Didaktik der Physik & Elearning; Aerosol- & Umweltphysik; Elektronische Materialeigenschaften, Umweltdachverband: Forum Umweltbildung, Ovos realtime 3D gmbH

Unterricht im Kontext nachhaltiger Entwicklung zielt auf *Veränderung von Handeln*. Damit das gelingt, muss zum einen das Wissen für die Jugendlichen relevant und wissenswert sein (Przybylski et al, 2010). Zum anderen ist die Erwartung eigener Einflussmöglichkeiten ein wesentlicher Faktor, damit Wissen zum Handeln führt (Bandura, 1977). Beides lässt sich mit Game-Based-Learning Strategien im Unterricht realisieren: „Serious games“ haben den Vorteil, dass sie unmittelbar an das Freizeitverhalten vieler Jugendlicher anschließen. Der Reiz von virtuellen Spielumgebungen besteht darüber hinaus darin, dass die Jugendlichen durch ihr Verhalten – ihre ‚Spielzüge‘ – die Entwicklung des Spielverlaufs so gestalten können, dass individuell bedeutsame Werte realisiert werden. Ein weiteres wesentliches Merkmal von Blended Learning Umgebungen ist die Reflexion des Probelhandelns im Spiel. Erst die Reflexion schließt die individuell bedeutsamen Werte auf, die das Spielverhalten leiten. Da im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung selbst bei einfachen Entscheidungssituationen oft ethisch komplexe Problemsituationen und moralische Unsicherheiten auftreten, ist „die Fähigkeit zur Reflexion auf die eigenen ethischen Werthaltungen sowie ein Kommunikationsrepertoire für die Suche nach Konsens bzw. fairen Kompromissen“ (Bögeholz & Barkmann, 2003, S. 27) sowie die Fähigkeit zwischen Fakten und Werten unterscheiden zu können, fundamental. Die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel verhindert darüber hinaus, auf vereinfachte Auffassungen und Lösungen zu verfallen.

Curriculum und Kompetenzmodell

Ausgehend von DeSeCo² sind für Rost (2005) drei Aspekte maßgeblich in einem Kompetenzkonstrukt für Bildung für nachhaltige Entwicklung:

- *Systemkompetenz*: „Die Kompetenz mit globalen Systemzusammenhängen umgehen zu können und diese zu verstehen“ (S.14).
- *Bewertungskompetenz*: „Die Kompetenz bei Entscheidungen unterschiedliche Werte anzuerkennen, gegeneinander abzuwägen und in den Entscheidungsprozess einfließen zu lassen.“ (S.15) Das umfasst auch Akzeptanz und Toleranz gegenüber den Werten anderer Kulturen.
- *Gestaltungskompetenz* ist die Kompetenz zukünftige Entwicklungen vorherzusagen, sich Ziele zu setzen, Entwicklungen zu antizipieren und Veränderungsprozesse zu gestalten“ (ebd.). Dafür bedarf es der Kooperation mit anderen und der Partizipation an institutionalisierten Prozessen.

Das BLUKONE-Kompetenzmodell wird anschließend an die Überlegungen von Rost auf Basis des Europäischen Kompetenzrahmen für die berufliche Bildung (EQR³) unter Einbeziehung der geltenden Lehrpläne sowie der Ergebnisse einer Stakeholderbefragung erarbeitet. Das darauf aufbauende Curriculum schließt außerdem eng an vergleichbare Ausbildungen in Österreich, Deutschland und der Schweiz an.

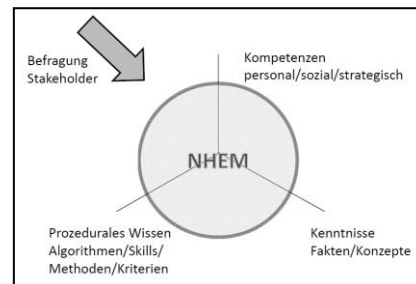


Abb. 1: Kompetenzmodell nachhaltiges Energiemanagement

Aspekte des BLUKONE-Unterrichtskonzepts

Ein Basismodul, dessen Eckpfeiler die Auseinandersetzung mit den alltäglichen Gewohnheiten ist, stellt sicher, dass die Lernenden mit wesentlichen Aspekten des

² DeSeCo Definition and Selection of Competences:
<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001403/140372e.pdf>

³ EQR bzw. EQF: European Qualifications Framework for Lifelong Learning:
http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy/doc/eqf/brochexp_bg.pdf

Energiekonzepts und des Klimawandels vertraut sind. Im Anschluss daran erarbeiten die Jugendlichen die für Nachhaltiges Energiemanagement notwendigen Kompetenzen in interaktiven, realitätsnahen Szenarien. Sie bieten den Lernenden Gelegenheit, durch kooperative und wettbewerbsorientierte Bearbeitung von Aufgabenstellungen neben physikalisch-technischem Wissen auch jene ökologischen, ökonomischen und sozialen Kompetenzen zu entwickeln, die dem Qualifikationsprofil für Nachhaltiges Energiemanagements entsprechen. Da viele dieser Aufgabenstellungen mehrere (nahezu gleich gute) Lösungsmöglichkeiten haben, wird der Aufbau von Ambiguitätstoleranz induziert. Am Schluss soll ein Rollenspiel stehen, in dem die Schülerinnen und Schüler die erworbenen Kompetenzen nachweisen können.



Abb. 2: BLUKONE Unterrichtskonzept

Forschungsdesign

Begleitend zur Entwicklung von Kompetenzprofil und Aufgaben sowie zur Pilotierung des Unterrichtsdesigns werden in einem semiquantitativen Design Daten zu folgenden Fragestellungen erhoben.

- Wie gelingt es, die Anforderung eines in der Wirtschaft anerkannten Zertifikats mit den Ansprüchen von Bildung für Nachhaltige Entwicklung und Game Based Learning auszubalancieren?
- Ist das Kompetenzmodell geeignet, NHEM abzubilden?
- Inwiefern gelingt es den Lernenden, mit Hilfe der entwickelten Lernumgebung die Kompetenzen von NHEM zu entwickeln?
- Inwiefern ist das Design für die Schülerinnen und Schüler attraktiv?
- Welche Unterstützung brauchen Lehrkräfte, um die Lernumgebung einsetzen zu können?

In der Entwicklungsphase werden Interviews und Akzeptanzbefragungen eingesetzt, zur Erhebung des Vorwissens sowie des Lernerfolgs in der Pilotierung Fragebögen. Darüber hinaus werden die Rollenspiele videographiert und die Qualität der Argumentation mit Hilfe inhaltsanalytischer Verfahren untersucht.

Literatur

- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Towards a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84, 191-215
- Bögeholz, S. & Barkmann, J. (2003). Ökologische Bewertungskompetenz für reale Entscheidungssituationen: Gestalten bei faktischer und ethischer Kompetenz. *DGU Nachrichten 27/28, Jahresheft 2003*, 25-34
- Eilks, I., Höbke, C., Höttecke, D. & Menthe, J. (2011). Der Klimawandel und die Bedeutung von Bewertungskompetenz für gesellschaftliche Teilhabe und Allgemeine Bildung. In I. Eilks, T. Feierabend, C. Höbke, D. Höttecke, J. Menthe, M. Mrochen & H. Oelgklaus (Hrsg.), *Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht*. Hallbergmoos: Aulis, 7-16
- Künzli David, C. (2007). *Zukunft mitgestalten. Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung - Didaktisches Konzept und Umsetzung in der Grundschule*. Bern: Haupt
- Przybylski, A., Rigby, S. & Ryan, R. (2010). A motivational model of video game engagement. *Review of General Psychology*, 14 (2), 154-166
- Rost, J. (2005). Messung von Kompetenzen Globalen Lernens. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 28 (2), 14-18

Physikdidaktische Lehre mit Videoclips – Offenes Experimentieren

Einleitung

Das Projekt „Physikdidaktische Lehre mit Videoclips von Schulunterricht – PhyLeVips“ wird im Rahmen von "Leibniz-KIQS – Konzepte und Ideen für Qualität im Studium" (Leibniz KIQS, 2008) von der Leibniz Universität Hannover gefördert. Ein Ziel von Leibniz-KIQS ist es, in den verschiedenen Studiengängen der Universität Projekte zu fördern, die die Qualität der Lehre und die Studienbedingungen verbessern. Damit wird unter anderem eine höhere Zufriedenheit der Studierenden angestrebt. Die Mitarbeit von Studierenden an den Projekten ist dabei ausdrücklich erwünscht. In diesem Beitrag wird eine Masterarbeit in PhyLeVips zum Thema „Offenes Experimentieren“ vorgestellt.

Physikdidaktische Lehre mit Videoclips von Schulunterricht - PhyLeVips

Das Projekt „PhyLeVips“ (Tesch, 2011) wurde unter anderem ins Leben gerufen, weil Studierende im Rahmen der physikdidaktischen Ausbildung ihren Wunsch nach mehr Praxisnähe im Studium äußerten. Diesem Wunsch nachzugehen bedeutet dabei gleichzeitig einer aktuellen Entwicklung der Lehrerbildung zu folgen:

„Während früher das Modellieren und Imitieren von Best Practice mit dem Ziel des Aufbaus spezifischer Lehrverhaltensweisen im Zentrum stand, zielen neuere Ansätze mit fall-basiertem, forschendem Reflektieren und Analysieren von Unterricht auf ein tieferes Verständnis von Lehr-Lernprozessen ab.“ (Krammer & Reusser, 2005, S. 35)

Einer Seminareinheit kann durch den Einsatz von Videoclips mehr zugrunde liegen als ein theoretisches Gerüst. *„Die Studierenden sind es gewohnt in Seminaren Vorträge zu halten und zu hören oder sich in Gruppenarbeit theoretisches Wissen anzueignen und anschließend auf Plakaten vorzustellen.“* (Gabeler, 2011, S. 68). Das Projekt zielt darauf ab, physikdidaktische Lehrveranstaltungen durch den Einsatz von Videos von alltäglichem Schulunterricht weiter zu entwickeln und so eine bessere Verbindung zwischen der ersten und der zweiten Ausbildungsphase herzustellen. Hierzu wird Videomaterial gefilmt und so ausgearbeitet, dass es sich für die Behandlung zentraler Themen der Physikdidaktik mit Lehramtsstudierenden eignet. Eines der Themen ist „Sprachliche Aspekte von Schüler-vorstellungen“, welches in der ersten Masterarbeit im Rahmen des Projekts behandelt wurde (Ahrens, 2011). Nach der Aufzeichnung von Physikschulstunden und der Aufbereitung geeigneter Clips werden physikdidaktische Lehrsequenzen entwickelt und erprobt, in denen diese Unterrichtsvideos eingesetzt werden.

Seminareinheit: Offenes Experimentieren im Physikunterricht

Die zweite Masterarbeit im Rahmen des Projekts hat das „Offene Experimentieren im Physikunterricht“ zum Thema. Hierzu wurde eine Seminareinheit entwickelt und erprobt, in der Videoszenen für Anschauung sorgen und als Diskussionsgrundlage für die Studierenden dienen. Dazu wurde zunächst der Begriff „Offenes Experimentieren“ vorgestellt und von anderen Begriffen abgegrenzt. Es wurde auch deutlich gemacht, dass dieser Begriff hohe Erwartungen an die Methodik von Physikunterricht schürt.

„Die Differenz zwischen den derzeitigen ‚theoretischen‘ Anforderungen an den Lehrer und der tatsächlichen Schulpraxis überhöhen den offenen Unterricht zu einer nie erreichbaren und damit vielleicht in der Praxis gar nicht erst anzustrebenden Utopie.“ (Peschel, 2006, S. 75)

Als Grundlage für die Klärung des Begriffs wurden die Dimensionen der Öffnungsmöglichkeit nach Priemer et. al (2010) verwendet und den Anforderungen für den Einsatz im Seminar angepasst. Dieses Kategoriensystem bietet einen Rahmen, an dem Studierende sich bei der Analyse von Videoclips von Schulunterricht zum Thema „Offenheit von Schülerexperimenten im Physikunterricht“ orientieren können. In der Seminareinheit nutzen die Studierenden dann ausschließlich diese Kategorien, um einen Videoclip zu analysieren. Auf diese Weise sollen theoriebasierte Diskussionen über konkrete Handlungssituationen im Unterricht stattfinden. Um einen Videoclip von Schulunterricht ganzheitlich analysieren zu können, werden insbesondere auch die organisatorischen Rahmenbedingungen während einer Experimentierphase betrachtet (vgl. Gabeler, 2011).

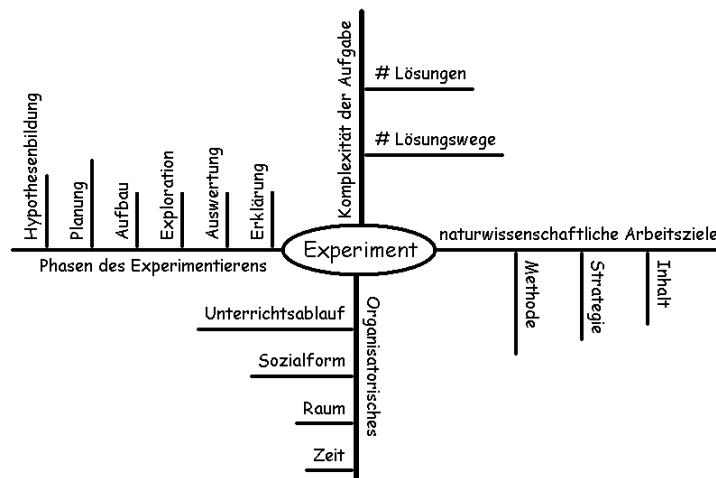


Abb. 1: Kategoriensystem der Offenheit von Experimentiersituationen im Physikunterricht verändert nach Priemer et al. (2010) und Peschel (2006)

Für den Umgang mit Videoszenen von Schulunterricht gelten im Seminar die folgenden Grundsätze:

- Wir wahren stets den Respekt gegenüber den gezeigten Personen.
- Wir behalten stets die konkrete Fragestellung im Blick.
- Wir begründen unsere Aussagen stets anhand von Beobachtungen und Wortbeiträgen.
- Wir beziehen unsere Ausführungen auf das Unterrichtsgeschehen und nicht auf die Lehrperson.

Insbesondere unterstützt der Dozent oder die Dozentin durch geeignete Impulse, „*dass die Auseinandersetzung mit den Unterrichtsvideos konstruktiv und thematisch auf das Lehrerhandeln bzw. das dadurch initiierte Lernen der Schülerinnen und Schüler fokussiert bleibt.*“ (Krammer & Reusser, 2005, S. 44)

Um die Effektivität der Seminareinheit sicherzustellen, sollte ihr eine Theorie zugrunde liegen und die Analyse der Videoszenen sollte sich auf klare Fragestellungen beziehen. (vgl. Herzig, Grafe & Reinhold, 2005; Gabeler, 2011; Kiel, 2008) Im Seminar wurde zu jedem Videoausschnitt eine konkrete Fragestellung vorgegeben, die sich direkt auf das obige Kategoriensystem bezog. Die angestrebten Lernziele lauten für die hier vorgestellte Seminareinheit:

Die Studierenden

- können Unterrichtsbeispiele zur Offenheit anhand von Videoclips theoriebasiert analysieren und reflektieren.
- benutzen das Kategoriensystem, um einen Videoclip von Schulunterricht bezüglich seiner Offenheit einzuordnen.
- formulieren ihre Vorstellungen über Offenheit von Schülerexperimenten mit Hilfe der Kategorien der Offenheit.
- können ihre Vorstellungen über offenes Experimentieren theoriegeleitet kommunizieren und reflektieren.

Methoden zur Analyse von Videoclips von Schulunterricht zu schulen, bietet einerseits die Erweiterung didaktischen Wissens und Könnens und andererseits die Fähigkeit, konstruktiv zu reflektieren und zu analysieren zu lernen. Dies ermöglicht zudem fallbasiertes Lernen in bedeutungsvollem Kontext (Krammer & Reusser, 2005).

Die erste Erprobung der Seminareinheit rief bei den Studierenden eine positive Resonanz hervor. Es bedarf aber sowohl bei den Studierenden als auch den Lehrenden einer Einübung in diese ungewohnte Methode. Die Studierenden äußerten den Wunsch, weitere Themen auf diese Weise zu lernen. Sie sahen einen erheblichen Vorteil gegenüber ausschließlich theoretischer Behandlung physikdidaktischer Themen. Sie schilderten, dass ihnen in den Unterrichtssequenzen deutlich wurde, wie komplex offene Lernsituationen sind. Sie stellten fest, dass sie selbst für die Bearbeitung der Aufgabe im Video sehr viel weniger Zeit angesetzt und den Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler überschätzt hätten.

Ausblick

Die bereits entwickelten Seminareinheiten werden überarbeitet und in der physikdidaktischen Lehre an der LUH eingesetzt und evaluiert. Weitere Masterarbeiten werden angeboten, derzeit beispielsweise zu technischer Bildung im Physikunterricht und zu Elektrischen Feldern in der Oberstufe.

Literatur

- Ahrens, K. (2011). Masterarbeit zum Thema Physikdidaktische Lehre mit Videoclips von Schulunterricht – Zu sprachlichen Aspekten von Schülervorstellungen. Hannover: Institut für Didaktik der Mathematik und Physik der Universität Hannover
- Gabeler, A. (2011). Masterarbeit zum Thema Physikdidaktische Lehre mit Videoclips von Schulunterricht – Vorbereitung, Aufgabenstellung und Anleitung von Schülerexperimenten. Hannover: Institut für Didaktik der Mathematik und Physik der Universität Hannover
- Herzig, B., Grafe, S. & Reinhold, P. (2005). Reflexives Lernen mit digitalen Videos: Zur Auseinandersetzung mit dem Theorie-Praxisverhältnis in der Lehrerbildung. In M. Welzel (Hrsg.), Nimm doch mal die Kamera! Zur Nutzung von Videos in der Lehrerbildung – Beispiele und Empfehlungen aus den Naturwissenschaften. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann, 45-64
- Kiel, E. (2008). Unterricht sehen, analysieren, gestalten. Stuttgart: UTB GmbH
- Krammer, K. & Reusser, K. (2005). Unterrichtsvideos als Medium der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen. Beiträge zur Lehrerbildung, 23 (1), 35-50
- Leibniz KIQS. (2008). Mit 'Leibniz- KIQS' zur Verbesserung von Lehre und Studium, Leibniz Universität Hannover. Zugriff am 21.10.2011. Verfügbar unter <http://www.uni-hannover.de/de/aktuell/presseinformationen/archiv/details/06515/>
- Peschel, F. (2006). Offener Unterricht: Idee - Realität - Perspektive und ein praxiserprobtes Konzept zur Diskussion. Teil 1: Allgemeindidaktische Überlegungen 4. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren
- Priemer, B., Uhlmann, S. & Kirchner, S. (2010). Was ist eigentlich offen beim Offenen Experimentieren? In D. Höttecke (Hrsg.), Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Dresden 2009. Berlin u.a.: LIT, 239-241
- Tesch, M. (2011). Physikdidaktische Lehre mit Videoclips von Schulunterricht (PhyLe-Vips). Hannover: Institut für Didaktik der Mathematik und Physik der Universität Hannover

Maika Tesch
 Jens Aschenbruck
 Sebastian Hohenstein
 Andrea Schmidt
 Jörg Seume

Leibniz Universität Hannover

Technik entdecken – Schüler-Lehrer-Tag an der Universität Hannover

Einleitung

Der Schüler-Lehrer-Tag „Technik entdecken“ fand im Februar 2012 an der Leibniz Universität Hannover statt. Er ist Bestandteil des DFG-Sonderforschungsbereichs 871 „Regeneration komplexer Investitionsgüter“ an der Fakultät für Maschinenbau und wurde in Zusammenarbeit mit uniKIK, der AG Didaktik der Physik und Lehrkräften aus der Region Hannover vorbereitet und durchgeführt. Ziel der Veranstaltung war es, Lehrkräften sowie Schülerinnen und Schülern einen Einblick in aktuelle ingenieurwissenschaftliche Forschung und gleichzeitig ein berufsorientierendes Angebot zu bieten. Im Kontext einer Gasturbine (Flugzeugtriebwerk) wurden in kleinen Gruppen sechs Versuche und ein Planspiel selbstständig erarbeitet. Abgerundet wurde der Tag durch Vorträge und Angebote zur Berufsberatung.

Der Sonderforschungsbereich 871 „Regeneration komplexer Investitionsgüter“

Der Sonderforschungsbereich (SFB) „Regeneration komplexer Investitionsgüter“ an der Leibniz Universität Hannover erarbeitet wissenschaftliche Grundlagen zur Wiederherstellung komplexer Investitionsgüter bei gleichzeitiger Wertmaximierung für den Kunden (www.sfb871.de). Dies wird in 17 Teilprojekten beispielhaft für ein Flugtriebwerk umgesetzt. Modellbasierte Bewertungen verschiedener Regenerationsverfahren bilden eine Grundlage für regelbasierte Entscheidungen. Die Entscheidungskriterien werden aus dem Nutzen für den Kunden abgeleitet und so optimierte Regenerationsprozesse ermittelt.

Projektbereiche des SFB 871	
A	Zustandsaufnahme und Befundung
B	Wechselwirkung der Fertigungsprozesse mit funktionalen Produkteigenschaften
C	Berücksichtigung produktions- und materialbedingter Varianz in der Produktentstehung
D	Ganzheitliche Steuerung der Regenerationsprozesse

Was ist der Schüler-Lehrer-Tag?

Der Schüler-Lehrer-Tag ist eine Initiative im SFB 871 zur Förderung des ingenieurwissenschaftlichen Nachwuchses. Es wird beabsichtigt, durch Schlüsselerlebnisse in der Begegnung mit Forschenden und ihren Forschungsstätten nachhaltige Effekte bezüglich des Sach- und Fachinteresses am Maschinenbau und anderen ingenieurwissenschaftlichen Studienfächern zu erzielen. Die Einsichten der Schülerinnen und Schüler sollen der Studien- und Berufsorientierung im MINT-Bereich dienen. Die gleichzeitig stattfindende Fortbildung für Lehrkräfte zielt darauf ab, solche Anregungen auch im MINT-Unterricht in der Schule zu geben, indem authentische Forschungsfragestellungen und Versuche thematisiert werden. Der Tag begann mit einem Einführungsvortrag von Prof. Dr. Seume. Anschließend wurden Gruppen gebildet, die jeweils eine Auswahl an Stationen bearbeiteten. Bestandteil war auch

ein gemeinsamer Mensabesuch und abschließend ein Get-Together, bei dem weitere Angebote zur Berufsorientierung und ein gemeinsames Grillen stattfand.

Versuche des Schüler-Lehrer-Tags

Die Versuche des Schüler-Lehrer-Tags sind in Form eines kontextbasierten Stationen-Lernens aufgebaut. Eine Broschüre wurde für diesen Tag als Arbeits- und Begleitheft ausgeteilt (Schülerbroschüre, Lehrerbroschüre). Den Kontext der Versuche bildet – wie auch im SFB 871 – ein Flugzeugtriebwerk. Die Versuche repräsentieren inhaltlich gesehen die oben genannten Teilbereiche:

Teilbereich	Nr.	Versuchstitel	Versuchsthema
A	1	Turboprop	Funktionsweise eines Triebwerks
	2	Optische 3D-Lasermessung	Aktive optische Triangulation
B & C	3	Messungen am Bunsenbrenner	Laminare Brenngeschwindigkeit
	4	Windkanal	Aerodynamische Eigenschaften von Objekten
	5	Auftrieb	Profile und Ausrichtung von Flugzeugflügeln
	6	Schwingung	Resonanzen an Flügeln von Windenergieanlagen/Triebwerkschaufeln
D	7	Logistik	Planspiel zum Regenerationsprozess (Management, Werkstatt, Controlling)

Ein Beispiel: V2 Optische 3D-Lasermessung – aktiver optischer Triangulationssensor

Vor der Reparatur einer schadhafte Flugzeugturbine wird eine präzise Zustandsbefundung mithilfe von Lasern durchgeführt, um den Zustand nicht direkt einsehbarer Teile vor der Demontage bildhaft darstellen zu können. Hier liegt ein Einsparpotenzial, da erst nach dieser Analyse über die Notwendigkeit der Demontage einzelner Bestandteile entschieden wird und so Kosten eingespart werden können.

Am Versuchstag werden ausgehend vom mathematischen Prinzip der Triangulation ein Abstandssensor (1D) und ein Lichtschnittsensor (2D) zu einem vollständigen 3D-Digitalisierer zusammengeführt. Damit ist es möglich, ein 3D-Bild eines Objektes zu erstellen:

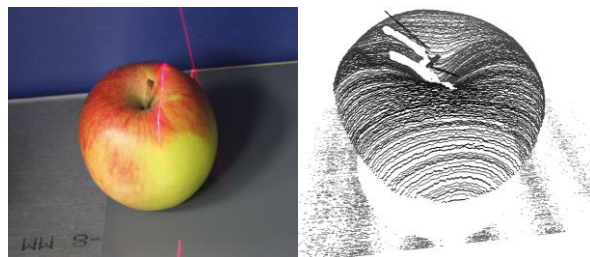


Abb. 3: Optische 3D-Lasermessung an Beispiel eines Apfels

Die Schülerinnen und Schüler vollziehen gemeinsam mit dem Doktorand an der Station die mathematischen Aspekte der Triangulation und die grundsätzlich Funktionsweise des Aufbaus nach. Sie kalibrieren den Aufbau und erstellen ein 3D-Bild eines Apfels.

Die Versuche werden jeweils von Doktorandinnen und Doktoranden des Teilprojekts betreut. Somit erhalten die Schülerinnen und Schüler nicht nur einen Einblick in die Inhalte der Versuche, sondern auch in den Alltag von Forschenden. Die Betreuung der Schülergruppen wurde von studentischen Hilfskräften übernommen, die den Schülerinnen und Schülern als Ansprechpersonen für Fragen zum Studium dienen.

Evaluation

Am Schüler-Lehrer-Tag haben 7 Lehrkräfte (Evaluation: n=5) und 99 Schülerinnen und Schüler der 10.-12. Jahrgangsstufe teilgenommen. Der Anteil an Schülerinnen betrug 28 %. Sowohl die Lehrkräfte als auch die Schülerinnen und Schüler gaben ein positives Feedback zum Schüler-Lehrer-Tag. Den Lehrkräften gefiel insbesondere der Einblick in aktuelle ingenieurwissenschaftliche Forschung, der ihnen neue Impulse für den Physikunterricht ermöglichte. Die Versuche und die gesamte Veranstaltung (mit Mensabesuch und anschließendem get-together-Grillen) wurden wie folgt beurteilt:

Noten für die...	Lehrkräfte (n=5)	SchülerInnen (n=99)
Broschüre mit Versuchsbeschreibungen	1,8	--
Versuche insgesamt	1,2	2,2
Veranstaltung insgesamt	1,0	2,4
Würden Sie wieder teilnehmen?	100 % ja	Ca. 70 % ja

Die Lehrkräfte sehen Anknüpfungsmöglichkeiten bei den Versuchen mit dem Windkanal als Facharbeit oder Projekt. In einer Masterarbeit wird dies didaktisch erarbeitet (Steuber, 2012). Der Versuch zu Schwingungen an Flügeln wurde als direkt einsetzbar im Unterricht der Oberstufe eingeschätzt. In einer Bachelorarbeit werden didaktische Analysen und Handreichungen zum Einsatz im Physikunterricht zum Thema „Schwingungen und Wellen“ erarbeitet (Podszus, 2012). Die Lehrkräfte sehen das Potenzial, die Inhalte des Schüler-Lehrer-Tags als Seminarfacharbeit oder als Technik-AG anzubieten. Sie halten den Tag für geeignet als Vorbereitung auf den universitären Alltag und heben insbesondere den Kontakt mit den Doktoranden positiv hervor. Die Schülerinnen und Schüler sehen ebenfalls einen großen Nutzen darin, die Universität, Forschungsprojekte und Forschende kennen gelernt zu haben. Sie bestätigen die Wichtigkeit einer Berufsorientierung für Ingenieurwissenschaften.

Ausblick

Der Schüler-Lehrer-Tag soll im Folgeantrag wieder Bestandteil des SFB sein. Die Lehrkräfte konnten einen der Versuche als Schenkung mit in ihre Schulsammlung nehmen. Deshalb werden derzeit in Kooperation mit der AG Didaktik der Physik sukzessive detaillierte Unterrichtsvorschläge und Handreichungen zur Einbettung in den Physikunterricht erarbeitet. In einer Gauß-AG „DiscoverIng Technik“ werden die Versuche interessierten Schülerinnen und Schülern in den Herbstferien 2012 angeboten.

Literatur

- Podszus, C. (2012). Schwingungsverhalten der Flügel von Windenergieanlagen – Ein Unterrichtsvorschlag für den Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. Unveröffentlichte Bachelorarbeit an der LUH, Hannover
- Steuber, J (2012). Aerodynamik im Physikunterricht – Experimente mit dem Windkanal. Unveröffentlichte Masterarbeit an der LUH, Hannover

Weitere Informationen zum Sonderforschungsbereich 871:
www.sfb871.de; zuletzt abgerufen am 09.10.2012

Weitere Informationen zu uniKIK und Gauß-AG:
http://www.unikik.uni-hannover.de/projekte_schueler.html; zuletzt abgerufen am 09.10.2012

Martin Hawner^{1,2}
 Thomas Trefzger²
 Sascha Schmeling¹

¹CERN, Genf
²Universität Würzburg

Experimente mit kosmischen Teilchen im Netzwerk Teilchenwelt

Das Netzwerk Teilchenwelt ist eine Kooperation mehrerer Universitäten und Forschungsinstituten, die sich zum Ziel gesetzt haben, Teilchen- und Astroteilchenphysik in der Öffentlichkeit zu fördern (Gedigk, Glück & Kobel, 2011). Die Aktivitäten des Netzwerks basieren auf zwei Veranstaltungen, nämlich dem neu entwickelten Cosmic Projekt und den schon seit längerer Zeit eingesetzten Teilchenphysik-Masterclasses (Bilow, Jende, Kobel & Pospiech, 2011). Beide Formate bieten Jugendlichen und Lehrkräften authentische Einblicke in die aktuelle Forschung. Im Folgenden wird näher auf das Cosmic Projekt eingegangen.

Das Cosmic Projekt

Im Rahmen des Cosmic Projekts können Jugendliche an 14 deutschen Instituten sowie am CERN in Genf mit zwei Experimenten, der „Kamiokanne“ (in Anlehnung an das KAMIOKANDE-Experiment in Japan) und dem Szintillationszähler arbeiten. Prinzipiell kann mit den Experimenten von Projektwochen bis hin zu monatelangen Forschungsprojekten gearbeitet werden. Auch kürzere Projekte wie eintägige Veranstaltungen oder mehrstündige Unterrichtseinheiten sind möglich.

Ziele des Projekts sind neben dem Kennenlernen des Phänomens der kosmischen Teilchen, vor allem auch das Wecken von Neugier an Astroteilchenphysik und Naturwissenschaften im Allgemeinen. Weiterhin nutzen die beiden Detektoren Nachweismethoden, die ebenfalls in der heutigen Forschung eine bedeutende Rolle spielen. Somit können die Jugendlichen ein authentisches Experiment durchführen, wodurch der Umgang mit modernen Experimentier-techniken geübt wird und wissenschaftliche Mess- und Analysemethoden eingesetzt werden. Es werden Lerngelegenheiten geboten, bei denen nicht nur fachliche, sondern auch überfachliche Kompetenzen gefördert werden.

Experimente und Messungen

Beide Experimente haben zwar unterschiedliche Aufbauten, das Messprinzip ist allerdings prinzipiell ähnlich. Unterschiede bestehen zum Beispiel in den verwendeten Materialien. Das *Szintillationszähler-Experiment*¹ setzt sich aus drei Szintillatorplatten, an denen Lichtleiter und Silizium-Photomultiplier angebracht sind, zusammen. Bei den *Kamiokannen*² besteht das Detektionsvolumen hingegen aus zwei mit Wasser gefüllten Thermoskannen, auf denen herkömmliche Photomultiplier aufgeschraubt werden. Bei beiden Experimenten werden die Signale über eine Messelektronik weiterverarbeitet und können mit Hilfe eines Computers ausgewertet werden.

Im Cosmic Projekt des Netzwerks Teilchenwelt werden einige Beispielmessungen, die man mit den Detektoren durchführen kann, vorgeschlagen. In längerfristigen Projekten werden die Jugendlichen allerdings auch dazu ermuntert, selbst Hypothesen aufzustellen und zu testen. Hierbei wird bewusst auf den Forscherdrang und die Kreativität der Schüler gesetzt.

¹ Das Szintillationszähler-Experiment wurde am DESY Zeuthen hergestellt.

² Die Kamiokannen wurden erstmals an der Universität Mainz (Fuidl, 2003) für den Schuleinsatz konzipiert und nun von der Universität Göttingen in Kooperation mit PHYWE zur Serienreife gebracht.

Als besonders geeignet haben sich bisher die Ratenmessung sowie die Messung der Winkelabhängigkeit der kosmischen Strahlung als auch die Messung der Lebensdauer und der Geschwindigkeit von Myonen gezeigt. Weiterhin kann man sehr gut die Abschirmung von Myonen durch unterschiedliche Materialien beobachten.

Evaluationsstudie zum Cosmic Projekt

Das Projekt wird durch eine Evaluationsstudie begleitet, welche die Wirksamkeit der ein-tägigen Veranstaltungen untersucht. Es wird sich dabei hauptsächlich an der Evaluation der Masterclasses, welche sich derzeit im Abschluss befindet, orientiert (Gedigk, Kobel & Pospiech, 2011). Die theoretische Grundlage bildet dabei das Interessenkonstrukt nach Krapp (1992). Folgende Forschungsfragen sollen in diesem Zusammenhang untersucht werden:

- Ist eine Steigerung des physikbezogenen Interesses zu beobachten? Welche Eigenschaften des Cosmic Projekts sind gegebenenfalls dafür verantwortlich?
- Ist bezüglich des Interesses ein Unterschied zwischen den Veranstaltungen im schulischen und außerschulischen Kontext festzustellen? Welche Faktoren stehen damit im Zusammenhang?

In zahlreichen Studien zu außerschulischen Lernorten, die sich mit naturwissenschaftlichen Themen beschäftigen, wurde bereits ein Anstieg des aktuellen Interesses beobachtet (vgl. z.B. Engeln, 2004 oder Glowinski, 2007). Dabei werden auch verschiedene Rahmen diskutiert, welche vor allem von der Frage der langfristigen Steigerung des Interesses motiviert wurden. Dieser Frage ist zum Beispiel Glowinski (2007) nachgegangen, die sich mit mehrmaligen Besuchen der Schülerlabore und deren Unterrichtseinbindung auseinandersetzt. Auch Scharfenberg (2005) untersuchte im Bereich der Biologie ein Schülerlabor und zog hier unter anderem den Vergleich zwischen einer Lehrereinheit im Schülerlabor und in der Schule, wobei vor allem auf die motivierenden Faktoren wertgelegt wurde. Bei dem Vergleich der Lernorte hat allerdings keine experimentelle Betätigung der Jugendlichen stattgefunden. Die angedachte Studie im Cosmic Projekt kann aufgrund der Handlichkeit der Detektoren ebenfalls in der Schule durchgeführt werden, so dass hier unter der Berücksichtigung der experimentellen Einheiten ein direkter Vergleich zwischen schulischem und außerschulischem Lernort gezogen werden kann.

Pilotierung des Fragebogens

Derzeit wird eine Pilotierung des Fragebogens im pre-/post-Design durchgeführt, wobei bereits Daten in Schulen sowie außerschulischen Lernorten erhoben wurden. Bei der Auswahl der Items wurde sich an den Erhebungsinstrumenten anderer Interessenstudien (z.B. Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Pawek, 2009; Sommer, 2010 und Gedigk, 2011) orientiert. Daraus ergab sich folgende Skala:

Variable	Dimensionen	Anzahl der Items
Sachinteresse	Physik	4
	Experimentieren	3
	Selbständige Tätigkeit	3
	Themenspez. Astroteilchenphysik	7
Fachinteresse Physik	-	3
Selbstkonzept	Begabung	4
	Kommunikation	2
	Problemlösefähigkeit	1

Variable	Dimensionen	Anzahl der Items
Wahrgenommene Veranstaltungseigenschaften	Soziale Eingebundenheit	4
	Alltagsbezug	1
	Authentizität	2
	Aktive Beteiligung	3
	Betreuung/Atmosphäre	4
	Verständlichkeit	6
	Offenheit	3
Aktuelles Interesse	Emotionale Komponente	6
	Wertbezogene Komponente	3
	Epistemische Komponente	5
	Experimentieren	2
(Vor-)wissen*	-	19
Einstellung zu Physik	-	7
Subjektiver Lernerfolg	-	4

Bei der mit * markierten Variable wurde eine 3 stufige Skala verwendet, bei der die Befragten zu bestimmten Begriffen (z.B. Myonen oder Urknall) ankreuzen müssen, ob sie „noch gar nichts“ über den Begriff wissen, eine „grobe Vorstellung“ von dem Begriff haben oder „anderen erklären“ können, was mit dem Begriff gemeint ist. Bei allen anderen Items wurde eine fünfstufige Likert-Skala verwendet.

Ausblick

Nach Abschluss der Pilotstudie (Ende 2012 und voraussichtlich N=90) wird eine Itemanalyse durchgeführt, um eventuelle Schwächen des Tests aufzudecken und zu korrigieren. Anschließend ist eine etwa einjährige Erhebung für die Hauptstudie ab Frühjahr 2013 geplant.

Literatur

- Bilow, U., Jende, K., Kobel, M. & Pospiech, G. (2011). Das Konzept „Masterclass“ – Schüler beschäftigen sich mit dem LHC. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 60 (2), 22-28
- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Dissertation. Berlin: Logos-Verlag
- Fuidl, M. (2003). Kosmische Myonen in Schulversuchen. Staatsexamensarbeit, Universität Mainz. <http://www.iph.uni-mainz.de/551.php>, (Stand: 5/2012)
- Gedigk, K., Glück, A. & Kobel, M. (2011). Netzwerk Teilchenwelt – Ein mobiler Lernort für Teilchenphysik. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 60 (2), 29-33
- Gedigk, K., Kobel, M. & Pospiech, G. (2011). Jugendliche erleben aktuelle Teilchenphysikforschung – Untersuchung der Wirkung auf physikbezogene Interessen. *GDCP Jahresband 2011*
- Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebung. Dissertation. Universität Kiel
- Krapp, A. (1992). Das Interessenkonstrukt. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.): *Interesse, Lernen, Leistung*. Münster, 297-329
- Pawek, C. (2005). Schülerlabore als interessenfördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertation. Universität Kiel
- Scharfenberg, F.J. (2005). Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung der Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse. Dissertation. Universität Bayreuth
- Sommer, S. (2010). Interessengene durch Interaktion – Das Interventionsprojekt der Miniphänomente in quasiexperimenteller Längzeitevaluation. Dissertation. Universität Flensburg

Silvija Markic¹
 Ingo Eilks¹
 David Di Fuccia²
 Bernd Ralle³

¹Universität Bremen
²Universität Kassel
³Technische Universität Dortmund

Issues of Heterogeneity and Diversity in Science Education and Science Education Research

Seit über dreißig Jahren gibt es bereits die traditionellen Sommersymposien zur Chemie- und Naturwissenschaftsdidaktik, erstmalig von Hans-Jürgen Schmidt 1981 ausgerichtet. Das 21. Sommersymposium fand vom 17.-19. Mai 2012 an der Technischen Universität Dortmund statt. Ausrichter waren Bernd Ralle (Dortmund), Silvija Markic und Ingo Eilks (Bremen) und David Di Fuccia (Kassel). Gut 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Lehrkräfte und Studierende aus 20 Ländern diskutierten über ein zunehmend wichtiger werdendes Thema fachdidaktischer Forschung und Entwicklung: den Umgang mit wachsender Heterogenität und Diversität im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Hinterfragt wurden unterschiedlichste Ausformungen von Heterogenität, etwa kulturelle Heterogenität, heterogene sprachliche Voraussetzungen, aber auch Fragen eines naturwissenschaftlichen Unterrichts mit Schülerinnen und Schülern mit besonderen Begabungen ebenso wie mit körperlichen oder geistigen Einschränkungen. Geprägt war die Diskussion von Anfang an durch die große Bandbreite der Ausformung von Heterogenität und die dadurch bedingte große Breite an Auswirkungen auf die besonderen Bedingungen naturwissenschaftlichen Unterrichts. Leitfragen für die Diskussion waren:

- Was sind die wesentlichen Herausforderungen, die sich durch die unterschiedlichen Ausprägungen von Heterogenität für den naturwissenschaftlichen Unterricht ergeben und wie kann man ihnen begegnen?
- Welchen Einfluss hat der zunehmend multi-kulturelle Hintergrund der Schülerinnen und Schüler in vielen Ländern auf das Lernen in den Naturwissenschaften?
- Welche Lernhindernisse entstehen durch zunehmende sprachliche Heterogenität - sei sie migrationsbedingt oder nicht - und wie kann man sie abmildern?
- Wie verhält es sich mit dem Erwerb der Fachsprache in mehrsprachigen Klassen?
- Wie kann man Naturwissenschaften auch für Schülerinnen und Schüler mit Behinderungen gestalten, etwa beim Experimentieren?
- Welche Erkenntnisse über und Möglichkeiten für naturwissenschaftlichen Unterricht mit hochbegabten Schülerinnen und Schülern sind verfügbar?
- Welche Beispiele guter Praxis existieren in verschiedenen Ländern für den Umgang mit zunehmender Heterogenität und kultureller Vielfalt?

Im Einzelnen wurden 17 Vorträge vorgestellt:

Sonya N Martin (Seoul, KR): *Examining linguistic and cultural diversity in local and global contexts*

Joanne Broggy & George McClelland (Limerick, IE): *The importance of shared understanding: Third level students' proficiency in scientific language*

Hannah Busch & Bernd Ralle (Dortmund, DE): *Special language competencies - Diagnosis and individual support*

Jenny Miller (Melbourne, AUS): *Content-based pedagogy in culturally and linguistically diverse classrooms*

Linda Riebling (Hamburg, DE): *Science teaching in linguistically diverse classrooms*

Silvija Markic (Bremen, DE): *Lesson plans for student language heterogeneity while learning science*

- Albert Zeyer (Zürich, CH): *What is a potential scientist? Brain type as a (cross-cultural) constant of motivation to learn science*
- Eva Silfver (Umea, SE): *"He is 113% Swedish". Gendered and racialised discourses of school science*
- Ulrich Kattmann (Oldenburg, DE): *On the diversity of humans and the diversity of cultures – scientific and educational considerations*
- Funda Ornek (Bahrain, BH): *Cultural influence on attitudes towards science*
- Avi Hofstein, Rachel Mamlok-Naaman & Yehudit Judy Dori (Rehovot/Haifa, IL): *Teaching chemistry by inquiry methods in Arabic and Jewish schools in Israel - Comparative studies*
- Carmen Fernandez (Sao Paulo, BR): *Teaching chemistry in Brazil: one country, many realities*
- Jack Holbrook (Tartu, EE): *Standardization practices – a mechanism to eliminate construct heterogeneity in the assessment of science attainment*
- Ton van der Valk & Albert Pilot (Utrecht, NL): *Empowerment and learning results with talented pre-university science students in an enriched learning environment*
- Michael Anton (München, DE): *Promoting the acquisition of chemical knowledge by structuring content and processes in instructing gifted students*
- Cary Supalo & George Bodner (Pennsylvania/West Lafayette, USA): *Chemistry teaching for students with physical handicaps*
- Simone Abels (Wien, AT): *Including students with special needs in inquiry-based science education*

Ergänzt wurde dies um weitere 14 Beiträge in der Posterausstellung mit Beiträgen aus Bosnien-Herzegowina, Deutschland, Estland, Georgien, Irland, Korea, Mexiko, Malaysia Österreich, der Türkei und dem Vereinigten Königreich.

Einige ausgewählte Aspekte der Diskussion sollen hier in Kürze angerissen werden. In vielen Ländern der Welt ist zunehmende Heterogenität eine Herausforderung an den naturwissenschaftlichen Unterricht. Diese Herausforderung sollte aber nicht ausschließlich als ein Problem gesehen, sondern auch als Chance wahrgenommen werden. Es bestand Konsens darin, dass eine Sensibilisierung von Lehrkräften, aber auch von anderen Bildungsverantwortlichen zur Folge haben kann, dass tradierte Konzepte naturwissenschaftlichen Unterrichts neu überdacht werden, was nicht allein heterogenen Lerngruppen zum Vorteil gereichen würde. Eine verstärkte Diagnose und individuelle Förderung etwa wird auch Schülerinnen und Schülern in weniger heterogenen Lerngruppen zu Gute kommen.

Heterogenität und Vielfalt werden in vielen Forschungs- und Entwicklungsprojekten bislang vorwiegend aus einer Dimension heraus betrachtet, z.B. der sprachlichen Vielfalt. Heterogenität ist jedoch in verschiedenen Bereichen real, etwa bei Interesse und Motivation, kognitiven Fähigkeiten, speziellen Begabungen, Sprache, kultureller Vielfalt oder körperlichem Leistungsvermögen. In vielen Lerngruppen werden mehrere Dimensionen von wachsender Heterogenität durchaus parallel und/oder vernetzt auftreten. Dabei sollten Erkenntnisse und Strategien in einem Bereich auf ihren möglichen Nutzen in anderen Bereichen hinterfragt werden. Die Wechselwirkungen zwischen gemeinsam auftretenden Dimensionen von Heterogenität und Vielfalt sind wenig untersucht. In der Forschung sollte der Versuch unternommen werden, gemeinsame Modelle zur Beschreibung von Heterogenität und Vielfalt zu entwickeln, die auch deren potenzielle Wechselwirkung in den Blick nehmen. Erst wenn hinreichende wissenschaftliche Evidenz vorliegt, können in der Entwicklung von Unterrichtspraxis Projekte gleichermaßen die verschiedenen Dimensionen von Heterogenität belastbar berücksichtigen und sich nicht auf lediglich eine der Dimensionen beschränken.

Untersuchungen zu Schülerinteresse und Motivation in heterogenen Lerngruppen sind nur begrenzt verfügbar. Die Fachdidaktiken sollten es zu ihrer Aufgabe machen, diese Kennt-

nisse zu vertiefen, und zwar bezogen auf alle Bereiche der Vielfalt in unseren schulischen Lerngruppen. Möglicherweise versperrt die Dominanz der Fachdidaktik westlicher Industrieländer, die nach wie vor die Diskussion und Orientierung dessen prägt, was international als moderne naturwissenschaftliche Bildung angesehen wird, den Blick auf die Bedürfnisse und Notwendigkeiten von Schülerinnen und Schülern anderer Kulturkreise. Ob nämlich diese tradierten Konzepte die richtigen Herangehensweisen für das naturwissenschaftliche Lernen von Schülerinnen und Schülern aus anderen Kulturkreisen und einer anderen Muttersprache sind, ist bislang wenig untersucht und diskutiert.

Sprache ist der wesentliche Vermittler beim Lernen. Der Umgang mit sprachlicher Heterogenität aufgrund von Migration wird als wesentliches Arbeitsfeld der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken mittlerweile national und international akzeptiert. Zunehmend weisen aber auch muttersprachlich unterrichtete Schülerinnen und Schüler sprachliche Defizite auf. Auf der Tagung wurde deutlich, dass dies nicht nur in Deutschland der Fall ist, sondern offensichtlich ein internationales Problem darstellt. In den Naturwissenschaften sind zusätzlich Fragen des Fachspracherwerbs zu berücksichtigen, der wesentlich für ein fortgeschrittenes Lernen in den Naturwissenschaften ist. Diese drei Aspekte müssen zukünftig stärker vernetzt gedacht werden, wobei das sensible Wechselspiel zwischen Alltagssprache, Unterrichtssprache und Fachsprache zu beleuchten ist. Bildungspläne und Schulbücher müssen viel besser an eine sich verändernde sprachliche Kompetenz der Schülerinnen und Schüler angepasst werden.

Naturwissenschaft und Technik sind in vielen Medien und Vorstellungen immer noch männlich und europäisch-westlich konnotiert. In Deutschland etwa ergreifen nur wenige Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund naturwissenschaftlich-technische Karrieren. Auch der Anteil von Frauen in den Natur- und Ingenieurwissenschaften ist immer noch sehr gering. Mit zunehmender kultureller Vielfalt sollte der Beitrag von Frauen und von Personen aus anderen Kulturkreisen zu den Naturwissenschaften im Unterricht eine stärkere Rolle spielen, um auch Mädchen und Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund eine entsprechende Identifikation zu ermöglichen.

Am wenigsten untersucht und konzeptuell erschlossen scheint in der Heterogenitätsdebatte der Umgang mit Schülerinnen und Schülern mit körperlichen und geistigen Einschränkungen. Evidenz aus der Forschung ist hier ebenso kaum verfügbar, wie es curriculare und methodische Vorschläge sind. Im Zuge zunehmender Tendenzen zur Inklusion in schulischer Bildung muss sich die Fachdidaktik dieser Herausforderung in Forschung und Entwicklung dringend annehmen, um Lehrkräften Hilfestellung bei dieser Herausforderung zu geben.

Eine ausführlichere Darstellung der einzelnen Beiträge und eine Reflektion der Diskussion findet sich in Markic et al. (2012). Das nächste Sommersymposium wird im Frühsommer 2014 in Bremen stattfinden.

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung des Symposiums.

Literatur

Markic, S., Eilks, I., Di Fuccia, D. & Ralle, B. (Hrsg.) (2012). Issues of heterogeneity and diversity in science education and science education research. Aachen: Shaker

Konzepte Lernender zu Zusammensetzung und Dynamiken der Atmosphäre Erste Ergebnisse einer Interviewstudie und Konsequenzen für eine didaktische Strukturierung des Lerngegenstandes

Im Rahmen des Forschungsprojekts Atmosphäre im Chemieunterricht (AIR) wurden 21 Schüler zu ihren Vorstellungen zu Luft, dem Aufbau und den Funktionen der Atmosphäre sowie atmosphärischer Transmission befragt. Der Beitrag ordnet die Interviewstudie in den Rahmen des Forschungsprojekts ein, erläutert erste Ergebnisse der Interviewanalyse und zeigt Implikationen für die Fortführung des Projekts auf.

Das Forschungsprojekt AIR

Ziel des Forschungsprojekts ist es, Lernmaterial zu den Themen *Treibhauseffekt*, *stratosphärischer Ozonabbau* und *saurer Regen* für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I diagnosegeleitet zu erstellen und im Rahmen des Dortmunder Modells fachdidaktischer Entwicklungsforschung (Prediger, Link, Hinz, Hußmann, Thiele & Ralle, 2012) iterativ fortzuentwickeln. Den Schwerpunkt der analytischen Betrachtungen stellen dabei die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler dar.

Anlass des Projekts ist, dass die anthropogene Veränderung der Luftzusammensetzung zu Umweltproblemen (u. a. verstärkter Treibhauseffekt) geführt hat. Obwohl die Auswirkungen der Phänomene (z. B. Klimawandel) weitreichende Konsequenzen in der Zukunft haben können, sind Lernenden die grundsätzlichen Prinzipien und Zusammenhänge häufig nicht bewusst (u. a. Parchmann, 1996; Niebert, 2010). Gerade dieses Fachwissen wird jedoch im Rahmen des Konzepts Bildung für eine nachhaltige Entwicklung als Voraussetzung für verantwortungsbewusstes Handeln (Gestaltungskompetenz) postuliert (de Haan & Harenberg, 1999). Wir denken, dass die Vermittlung der verschiedenen Aspekte atmosphärischer Veränderungen nicht, wie beispielsweise im Kerncurriculum für Nordrhein-Westfalen angeregt, voneinander getrennt stattfinden sollte (MSW NRW, 2008). Hingegen schlagen wir vor, die Themen durch das Betrachten „atmosphärischer Lebenswege“ (Transmission) ausgewählter Luftschadstoffe auf Basis naturwissenschaftlicher Basiskonzepte im Chemieunterricht der Sekundarstufe I zusammenhängend zu vermitteln.

Literaturanalyse und Erkenntnisinteresse der Interviewstudie

Die diagnosegeleitete Entwicklung von Lernumgebungen im Dortmunder Modell sieht vor, dass einer Gestaltung von Lernumgebungen immer eine Strukturierung und Spezifizierung der Lerngegenstände vorausgeht, welche den Einbezug von Lernendenvorstellungen umfasst. Aus nationalen und internationalen Studien sind zahlreiche alternative Konzepte von Schülern zum Treibhauseffekt und stratosphärischen Ozonabbau bekannt. Die Analyse empirisch erhobener Daten aus verschiedenen Veröffentlichungen ergab unter anderem, dass Lernende atmosphärische Phänomene häufig mit wissenschaftlich nicht belastbaren Konzepten in Synthesemodellen erklären, wobei oft Aspekte des Treibhauseffekts und des Ozonlochs vermischt werden. Zudem äußern sie falsche Vorstellungen zu atmosphärischen Komponenten und wenden Prinzip und Begriff der chemischen Reaktion wenig an; stattdessen nutzen sie Transport- und Zerstörungskonzepte (u.a. Koulaïdis & Christidou, 1999; Stavridou & Marinopoulos, 2001).

Die Studien lassen allerdings einige Fragen offen, was Konzepte Lernender zu Verstehensvoraussetzungen der Phänomene angeht. Entsprechend ergab sich für die Interviewstudie folgendes Erkenntnisinteresse:

- Basiskonzeptverständnis der Lernenden bei der Darstellung von Luft und ihr Wissen über die einzelnen Bestandteile,
- Konzepte über Aufbau und Zusammensetzung der Atmosphäre und ihre Funktionen,
- Differenziertheit des Wissens zu Luftverschmutzung und ihren Auswirkungen.

Vorgehensweise und Methodik

Befragt wurden insgesamt 21 Schülerinnen und Schüler (14 männlich, 7 weiblich) im letzten Jahr der Sekundarstufe I (14 bis 16 Jahre) an jeweils zwei Gymnasien und Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen. Die Teilnahme an den Interviews war freiwillig und erfolgte in Partnerinterviews (ein Einzelinterview) in einem Nebenraum während des Regelunterrichts.

Die Interviews waren als problemorientiertes Interview nach Witzel (2000) konzipiert und zielten darauf ab, die Konzepte der Lernenden möglichst in narrativen Passagen zu erfassen. Der Leitfaden differenziert sich in die Bereiche *Luft und ihre Eigenschaften*, *Aufbau und Funktionen der Atmosphäre* sowie *Luftverschmutzung/Transmission*. Zu Beginn des jeweiligen Abschnitts wurden die Lernenden durch Eingangsfragen aufgefordert, alles, was ihnen zu den Themen einfällt, zu erzählen. Anschließend wurde gezielt das Verständnis einzelner Aspekte erfragt. Zudem fertigten die Teilnehmer Zeichnungen zum Teilchenverständnis von Luft und zum Aufbau der Atmosphäre an.

Die Interviews dauerten durchschnittlich 32 Minuten und wurden videographiert sowie die Zeichnungen eingescannt. Für die Auswertung wurden die Interviews transkribiert, die Analyse erfolgt angelehnt an das Prinzip der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) mit MAXQDA¹⁰.

Erste (ausgewählte) Ergebnisse

Die Interviews ergaben, dass Lernenden die korrekte Zusammensetzung der Luft häufig unbekannt war. Es finden sich verschiedene alternative Konzepte, in welchen häufig der Anteil von CO₂ überschätzt oder Stickstoff gar nicht genannt wird. Die Modellzeichnungen der Lernenden basieren häufig auf simplen Teilchenmodellen, in denen die verschiedenen Stoffe durch verschiedenfarbige (verschiedenförmige) Kreise dargestellt werden, differenzierte Teilchenmodelle nutzen lediglich 2 Schülerinnen. Einige Schüler stellen Luft zudem als Verbindung verschiedener Stoffe dar, welche sich zu „Luftteilchen“ verbinden.

Bezüglich der Kenntnisse über den Aufbau der Atmosphäre zeigen die Lernenden Unterschiede, welche insbesondere die Unterteilung in verschiedene Bereiche betrifft. So differenzieren einige Schüler die Atmosphäre gar nicht, während andere alltagsnahe Kriterien anwenden (z. B. belebbar/unbelebbar). Nur wenige Lernende nutzen eine wissenschaftsnahe Differenzierung verschiedener Bereiche nach Temperatur und Zusammensetzung.

Auch bezüglich der Vorstellungen zur Deposition von Luftschadstoffen äußern die Lernenden unterschiedlich differenzierte Konzepte. Mehrere Lernende benennen explizit das Ausstreuen von Luftschadstoffen aus der Atmosphäre und erklären dies teils mit der Wirkung von Bäumen (Pflanzen) als Luftfilter. Es finden sich jedoch auch Vorstellungen zur Vernichtung oder zum Verschwinden von Teilchen. Hingegen äußern sich auch viele Schüler weder implizit noch explizit zur Deposition von Luftschadstoffen und erklären, dass Stoffe sich (global) verteilen können und dann in der Atmosphäre verweilen.

Das Wissen über die atmosphärischen Bedeutungen der Luftschadstoffe ist häufig undifferenziert oder falsch. Beispielsweise tritt die in der Literatur bekannte Vorstellung des stratosphärischen Ozonabbaus durch CO₂ auf. Bezüglich weiterer Auswirkungen von Luftschadstoffen (-verschmutzung) war auffällig, dass Schüler die Folgen auf das Wirken von „Luftschadstoffen“ beziehen, obwohl sie in der Regel mehr als einen Luftschadstoff nennen.

Interpretation und Implikationen für die Fortführung des Projekts

Die Ergebnisse legen nahe, dass die Vermittlung bei der Zusammensetzung von Luft beginnen sollte. Dies implizieren die häufig nicht wissenschaftlich belastbaren Vorstellungen zur Luftzusammensetzung, welche später ein Lernhindernis bei der quantitativen Einordnung anthropogenen Handelns darstellen könnten. Weiterhin zeigt sich, dass Schüler häufig die laut Curriculum bekannten Teilchenmodelle nicht anwenden, weshalb ein einfaches aber anschlussfähiges Teilchenmodell genutzt werden soll.

Zudem sind der Aufbau und die Funktionen der Atmosphäre phänomenorientiert zu vermitteln und auf Tropo- und Stratosphäre zu beschränken. Dabei sollen insbesondere die unterschiedliche Zusammensetzung der Luft in beiden Bereichen und die verschiedenen Reaktionsbedingungen (Vorhandensein von UV-Strahlung in der Stratosphäre) zum Lerngegenstand gemacht werden. Ebenso ist das Wirken der Tropopause zu thematisieren, welches nur ein Einmischen langlebiger Stoffe in die Stratosphäre ermöglicht.

Weiterhin ist es Ziel der Vermittlungen, dass Schüler den Begriff „Luftschadstoffe“ differenzieren und Wirkungen auf einzelne Stoffe wie CO₂ oder Lachgas beziehen. Zudem sollen die Vorgänge während der Transmission verschiedener Luftschadstoffe formal voneinander abgegrenzt und anschließend im Modellexperiment erarbeitet werden.

Auf Basis dieser Leitlinien werden aktuell fünf Lernumgebungen entwickelt, welche anschließend mit Schülern der Jahrgangsstufe 9 (Gymnasium) beziehungsweise 10 (Gesamtschule) in Kleingruppen außerhalb des Unterrichts erprobt werden sollen. Diese Design-Experimente werden videographiert, sodass Lernprozesse anhand der Gespräche und Gruppendiskussionen nachvollzogen werden sollen. Die Erkenntnisse der Analyse stellen anschließend die Grundlage für eine iterative Weiterentwicklung der Lernumgebungen dar.

Literatur

- De Haan, G. & Harenberg, D. (1999). Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Gutachten zum Programm. Bonn: BLK, Geschäftsstelle.
- Koulaidis, K., Christidou, V. (1999). Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science Education*, 83 (5), 559-576
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen - Chemie. Frechen: Ritterbach
- Niebert, K. (2010). Den Klimawandel verstehen. Eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung. Oldenburg: Didaktisches Zentrum
- Parchmann, I. (1996). Treibhauseffekt und Ozonloch – ein großes Durcheinander. *PLUS LUCIS*, 2, 33-37
- Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Thiele, J. & Ralle, B. (2012). Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen. *Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell*. MNU, 65 (8), (angenommen, im Druck).
- Stavridou, H. & Marinopoulos, D. (2001). Water and air pollution. Primary students' conceptions about "itineraries" and interactions of substances. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2 (1), 31-41
- Witzel, A. (2000). Das problemzentrierte Interview. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 1 (1)

Veränderungen des Wissenschaftsverständnisses von Lehramtsstudierenden im Rahmen eines „Learning by Design“-Ansatzes

Verschiedene Studien zeigen Zusammenhänge zwischen epistemologischen Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern und deren Lehrmethoden, dem Unterrichtsklima und den Lernerfolgen ihrer Schüler/innen (z.B. Stahl, 2011). Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird untersucht, wie sich das Wissenschaftsverständnis im Sinne von Lehrerprofessionalisierung in der Lehrerausbildung an der PH Freiburg beim Einsatz von „Learning by Design“ verändert. Die Wirksamkeit von Learning by Design zum inhaltsbezogenen Wissenserwerb wurde in verschiedenen Studien nachgewiesen (z.B. Stahl, 2009). Im Kontext dieses Forschungsvorhabens geht es vorrangig um die Untersuchung der Veränderungen von Wissenschaftsverständnis in Physik bei der Erstellung von Medienprodukten.

Learning by Design

Unter Learning by Design versteht man die aktive Medienproduktion durch Lernende mit dem Ziel des Wissenserwerbs in Bezug auf die verarbeiteten Inhalte (Stahl, 2009). Wichtig ist dabei, dass das zu gestaltende Medienprodukt für ein „echtes“ Publikum erstellt wird. Dies führt einerseits zu erhöhter Motivation der Produzenten und andererseits zu einer adressatenorientierten und intensiven Auseinandersetzung mit den zu bearbeitenden Inhalten. Den theoretischen Hintergrund bilden Erkenntnisse aus der Schreibprozessforschung, die auf die Medienproduktion übertragen werden. Der Prozess der Medienerstellung und -gestaltung lässt sich als reflektierte Interaktion zwischen inhaltsbezogenem Wissen, rhetorischem Wissen/Designwissen und Strategiewissen beschreiben. Diese Interaktion gilt als Voraussetzung für einen vertieften Wissenserwerb (Stahl, 2009). In dem laufenden Projekt haben Physikstudierende innerhalb einer ersten explorativen Phase im Wintersemester 2011/2012 ein hypermediales Medienprodukt zur Kontroverse „Licht bei Huygens, Newton und Einstein“ in einer Veranstaltung an der Pädagogischen Hochschule Freiburg erstellt. Hierbei wurde ein didaktisches Konzept erprobt, das die enge und kontinuierliche Interaktion der oben genannten kognitiven Ressourcen ermöglicht.

Epistemologische Urteile und Ansichten zur Natur der Naturwissenschaften

Psychologen und Pädagogen zeigen seit Mitte des letzten Jahrhunderts zunehmendes Interesse an der Erforschung epistemologischer Entwicklung und epistemologischer Überzeugungen. Epistemologische Überzeugungen beziehen sich auf subjektive Vorstellungen zur Natur von Wissen und zum Erwerb von Wissen (Hofer & Pintrich, 1997).

Eine Vielzahl von Studien weist auf Zusammenhänge zwischen epistemologischen Überzeugungen, Lernprozessen und dem resultierenden Wissenserwerb hin (z.B. Stahl, 2011). Im Ansatz der generativen Natur epistemologischer Überzeugungen (Stahl, 2011) werden längerfristige epistemologische Überzeugungen und epistemologische Urteile unterschieden. Epistemologische Urteile werden als ein Ergebnis der Interaktion zwischen stabileren epistemologischen Überzeugungen mit anderen kognitiven Elementen, wie z.B. disziplinspezifischem Wissen, Erfahrungswissen oder ontologischen Annahmen, beschrieben. Epistemologische Urteile werden im Rahmen dieses Ansatzes als Ergebnisse eines hochflexiblen kognitiven Prozesses gesehen.

Die Erforschung der Sichtweisen zur Natur der Naturwissenschaften erfolgt aus naturwissenschaftsdidaktischer Perspektive. Die Natur der Naturwissenschaften beziehen sich laut

Lederman et al. (2002) typischerweise auf die Epistemologie und Soziologie von Naturwissenschaft. Insofern gibt es inhaltliche und methodische Berührungspunkte und Überschneidungen mit der psychologischen Forschung zu epistemologischen Überzeugungen. Lederman et al. nennen Aspekte der Natur der Naturwissenschaft, die in der Domäne Physik als die von Stahl (2011) beschriebenen domänenspezifischen Ressourcen angesehen werden können, die aktiviert werden, um epistemologische Urteile zu bilden. Aus den unterschiedlichen Ansätzen psychologischer und naturwissenschaftsdidaktischer Forschung entstand im Rahmen des laufenden Projekts eine Heuristik in Form folgenden Modells:

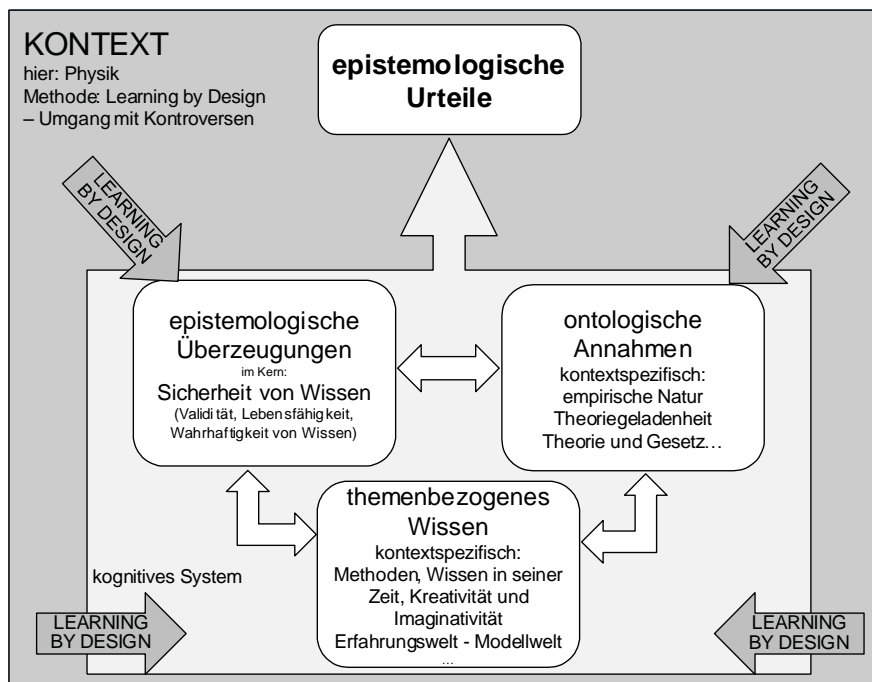


Abb. 1: Bildung epistemologischer Urteile durch die Interaktion verschiedener Ressourcen

Vorstudie und Hauptstudie

Die Heuristik diente als Grundlage für die Entwicklung eines Fragebogens, für den folgende Instrumente die Basis darstellen:

- Views of nature of science questionnaire (VNOS-C) (Lederman et al., 2002)
- Views on Science and Education (VOSE) (Chen, 2006)
- Topic-Specific Epistemic Beliefs Questionnaire (TSEBQ) (Bråten, Gil, Strømsø & Vidal-Abarca, 2009)
- Connotative Aspects of Epistemological Beliefs (CAEB) (Stahl & Bromme, 2007)

Bei der Fragebogenkonstruktion stand die sinnvolle inhaltliche Verbindung qualitativer und quantitativer Items im Mittelpunkt, wobei die Items durchgängig auf die Domäne Physik angepasst wurden. Ratingskalen, semantische Differentiale und halboffene Items ermöglichen sowohl eine statistische als auch eine inhaltsanalytische Auswertung.

Gerade durch die Kombination quantitativer und qualitativer Daten sollen Aussagen über die Aktivierung bestimmter Ressourcen und die Interaktion verschiedener kognitiver Elemente bei der Bildung epistemologischer Urteile möglich werden.

Im Frühjahr 2012 wurden insgesamt 211 Studierende, Referendar/innen und Lehrer/innen verschiedener Schularten und Fachrichtungen befragt. Erste Ergebnisse zeigen z.B. divergierende epistemologische Urteile zu den Domänen Physik und Erziehungswissenschaften/Pädagogik (Abb. 2).

Im Wintersemester 12/13 werden in Veranstaltungen der Physik und des Instituts

für Medien in der Bildung *Learning by Design* mit Physikstudierenden und mit Nichtphysikstudierenden durchgeführt. Überlegungen bezüglich der Intervention werden aus der praktisch-explorativen Phase aufgegriffen und in Hinblick auf die Veränderung von Wissenschaftsverständnis überarbeitet. Vor der Intervention wird das Wissenschaftsverständnis mit dem modifizierten Fragebogen erhoben. Die Intervention wird in beiden Gruppen durchgeführt, um die Auswirkungen auf die verschiedenen kognitiven Ressourcen bei Experten und bei Laien quantitativ und qualitativ zu untersuchen. Ergänzend zum Fragebogen werden in Interviews weitere Daten zur qualitativen Analyse erhoben.

Literatur

- Bråten, I., Gil, L., Strømsø, H. I. & Vidal-Abarca, E. (2009). Personal epistemology across cultures: exploring Norwegian and Spanish university students epistemic beliefs about climate change. *Social Psychology of Education*, 12 (4), 529-560
- Chen, S. (2006). Views on science and education (VOSE) questionnaire. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7, 1-11
- Hofer, B. K. & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67 (1), 88-140
- 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
- Stahl, E. & Bromme, R. (2007). The CAEB: An instrument for measuring connotative aspects of epistemological beliefs. *Learning & Instruction*, 17 (6), 773-785
- Stahl, E. (2009). Lernen durch Gestalten von digitalen Medien. In R. Plötzner, T. Leuders & A. Wichert (Hrsg.), *Lernchance Computer. Strategien für das Lernen mit digitalen Medienverbänden (Medien in der Wissenschaft, Bd. 52)*. Münster: Waxmann, 241-262
- Stahl, E. (2011). The Generative Nature of Epistemological Judgments: Focusing on Interactions Instead of Elements to Understand the Relationship Between Epistemological Beliefs and Cognitive Flexibility: Links Between Beliefs and Cognitive Flexibility. In J. Elen, E. Stahl, R. Bromme & G. Clarebout (Hrsg.). Springer Netherlands, 37-60

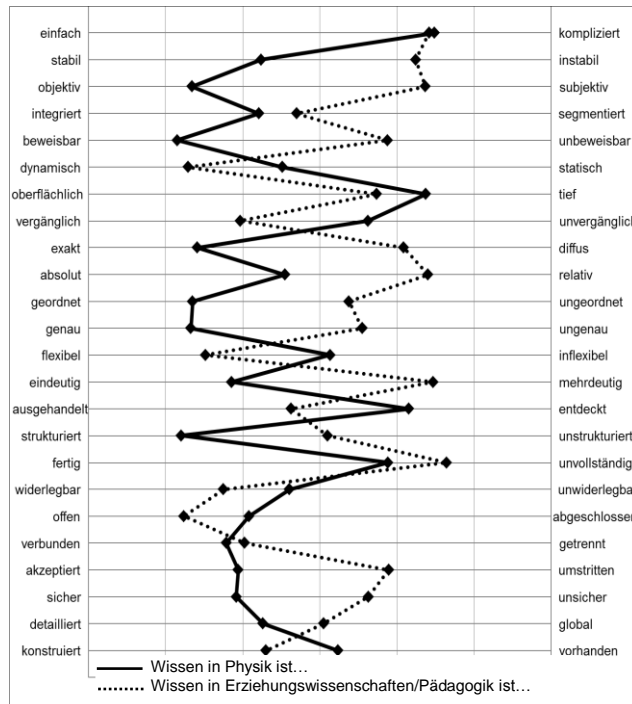


Abb. 2: Epistemologische Urteile in verschiedenen Domänen

Physikkompetenz in der Studieneingangsphase

Motivation und Ansatz

Die Studienabbruchquote in den universitären Bachelorstudiengängen des Studienbereichs Physik/Geowissenschaften des Absolventenjahrgangs 2010 betrug in Deutschland 39 % (Heublein et al., 2012). Eine Befragung exmatrikulierter Studierender des Ein-Fach-Bachelors „Physik“ deutet darauf hin, dass hier vor allem Probleme mit den inhaltlichen Anforderungen des Studiums zum Abbruch führen (Albrecht & Nordmeier, 2012).

Die Diagnose etwaiger fachlicher Defizite setzt ein empirisch abgesichertes Modell voraus (angelehnt an Klieme et al., 2003). Jedoch liegt zurzeit kein Kompetenzmodell für die Studieneingangsphase vor. Aus diesem Grund und mit Blick auf die Anschlussfähigkeit an schulische Modelle wurden in der vorliegenden Studie die Aufgaben der Pilotierung des Kompetenzmodells für die Sekundarstufe II (Abb. 1) von Schoppmeier, Borowski und Fischer (2012) eingesetzt, um das Kompetenzmodell der Sekundarstufe II auch für die Studieneingangsphase zu validieren. In der Pilotierung in Leistungskursen in Nordrhein-Westfalen ergaben sich Hinweise darauf, dass die Dimension der „Komplexität“ schwierigkeitserschwerend sein könnte (Schoppmeier et al., 2012). In der Hauptstudie konnte alleine für diese Dimension ein signifikanter Einfluss nachgewiesen werden (Schoppmeier, et al., 2013, in diesem Band). Ziel der vorliegenden Studie war es deshalb, zu untersuchen, ob die Dimension „Komplexität“ für die Stichprobe der Studienanfänger einen entsprechenden Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit hat und ob sich der Test für diese Gruppe diskriminanzvalidieren lässt.

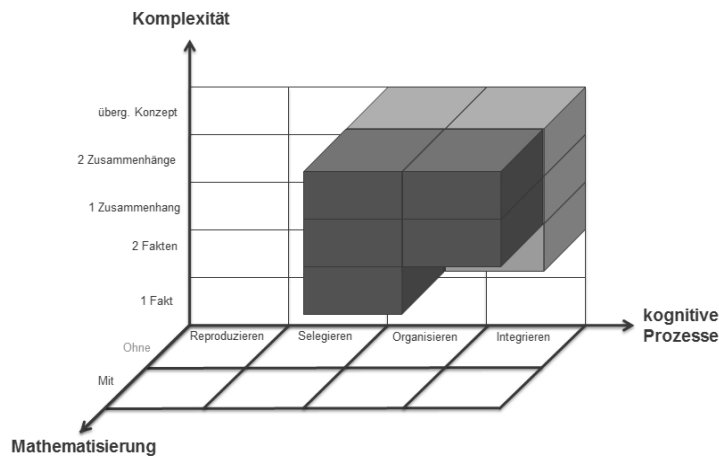


Abb. 1: Das Kompetenzmodell der Sekundarstufe II umfasst die Dimensionen „Komplexität“, „Mathematisierung“ und „kognitive Prozesse“. Das Modell deckt für die Sekundarstufe II relevante Zellen (grau) ab (Schoppmeier et al., 2012).

Forschungsfragen und Hypothesen

FF1: Beeinflusst die Dimension „Komplexität“ die Aufgabenschwierigkeit?

H1: Die Dimension „Komplexität“ ist schwierigkeitserschwerend. Die Aufgabenschwierigkeit nimmt mit steigender „Komplexität“ zu.

FF2: Misst der Test Physikkompetenz?

H2: Der Test misst Physikkompetenz. Der Fähigkeitsparameter des Tests korreliert signifikant höher mit der Physiknote als mit der Mathematik- oder Deutschnote (in Punkten).

Stichprobe und Design

Mit sechs Aufgaben für jede der elf Zellen des Kompetenzmodells umfasst der Test 66 modellkonforme Aufgaben im Multimatrixdesign. Die Schätzung der Fähigkeits- und Schwierigkeitsparameter wurde unter Annahme eines eindimensionalen Rasch-Modells mit Winsteps® (Version 3.70.0.5, Liancre, 2009) durchgeführt. Der Erhebungszeitraum umfasste zwei Wochen vor bis eine Wochen nach Veranstaltungsbeginn. Die Stichprobe umfasst $N = 255$ Studienanfänger (hier: Vorkursteilnehmer und Studierende in Erstsemesterveranstaltungen für das Fach Physik) an vier Hochschulen (Universität Bremen, Universität Duisburg-Essen, Universität Paderborn, RWTH Aachen). Sie lässt sich folgendermaßen nach gewähltem Studiengang einteilen

- 129 Ein-Fach-Bachelor „Physik“
- 52 Bachelor „Lehramt“
- 72 anderer Studiengang
- 2 keine Angabe

Einfluss der Komplexität

Die Personenreliabilität betrug .78 und die Reliabilität der Items .92. Das Ergebnis einer einfaktoriellen ANOVA zeigt, dass für diese Stichprobe die Dimension „Komplexität“ nicht schwierigkeitserschöpfend war ($F(2,63) = 1.29$, $p = .28$). Auch unter Konstanthaltung der Ausprägungen der beiden anderen Dimensionen (Abb. 2), ließ sich der nach H1 erwartete Einfluss nicht bestätigen.

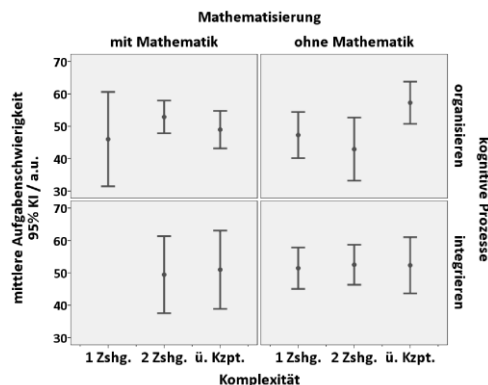


Abb. 2: Jeweiliger Einfluss der Komplexität auf die mittlere Aufgabenschwierigkeit einer Zelle unter Konstanthaltung der Ausprägungen der Dimensionen „kognitive Prozesse“ und „Mathematisierung“

Diskriminante Validierung

Für listenweise vollständige Werte konnte unter Alpha-Fehler-Korrektur (Kauertz, 2007) Hypothese H2 bestätigt werden. Die Punktzahl in Physik korreliert signifikant höher mit dem Fähigkeitsparameter als die Mathematik- oder Deutschnote in Punkten. Tabelle 1 zeigt die entsprechenden Korrelationskoeffizienten nach Pearson und die erwarteten signifikanten Unterschiede. Es wurden dabei explizit als Zensuren (1, 2, ..., 6) bezeichnete Angaben in Punktzahlen umgerechnet. Um Verwechslungen mit Zensuren auszuschließen, wurden außerdem Werte unter 7 aus der Berechnung der Korrelationen entfernt.

Korrelationen r_{Pearson} (N = 96)	Punktezahl im Fach		
	Physik	Mathematik	Deutsch
Fähigkeitsparameter	.674**	.510**	.386**

* $p < .05$, ** $p < .01$

Tab. 1: Pearson-Korrelationskoeffizienten für listenweise vollständige Werte

Weitere Gütekriterien

Die Wright-Map in Abbildung 3 zeigt nur im oberen Bereich eine mangelnde Abdeckung der Personenfähigkeiten durch die Aufgabenschwierigkeiten.

Für eine Teilstichprobe von N = 30 Studierenden des Ein-Fach-Bachelors „Physik“ der RWTH Aachen wurde ein Pearson-Korrelationskoeffizient von $r_{\text{Pearson}} = -.52^{**}$ für den Zusammenhang zwischen dem Fähigkeitsparameter und der Durchschnittsnote des ersten Semesters berechnet.

Zusammenfassung und Ausblick

Die diskriminante Validierung des Kompetenzmodells für die Studieneingangsphase verlief erfolgreich. Darüber hinaus zeigen sich Hinweise auf die prognostische Validität in Bezug auf die Durchschnittsnote des ersten Semesters von Ein-Fach-Bachelor-Studenten im Fach Physik. Da der erwartete Einfluss der „Komplexität“ nicht zu beobachten war und darüber hinaus die Inhaltsvalidität des Tests noch zu klären wäre, sollen neue Testaufgaben entwickelt werden. Diese werden auf Basis einer Expertenbefragung zu den Anforderungen für das Studienfach Physik ermittelt.

Literatur

- Albrecht, A. & Nordmeier, V. (2012). Studieneingangsphase im Fach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Berlin: Lit, 260-262
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. & Besuch, G. (Hochschul-Informationssystem, Hrsg.) (2012). Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an deutschen Hochschulen: Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010. HIS: Forum Hochschule 3/2012. Zugriff am 25.09.2012. Verfügbar unter: http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201203.pdf
- Kauertz, A. (2008). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. Berlin: Logos
- Klieme, E. et al. (Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, Hrsg.) (2003). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Expertise. Bildungsforschung. Bd. 1. Bonn, Berlin: BMBF
- Linacre, J. M. (2009). Winsteps® Rasch Measurement (Version 3.70.0.5) [Computersoftware]. Beaverton, Oregon: Winsteps.com
- Schoppmeier, F., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2012). Entwicklung eines Kompetenzmodells für die Sekundarstufe II. In S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Berlin: Lit, 260-262

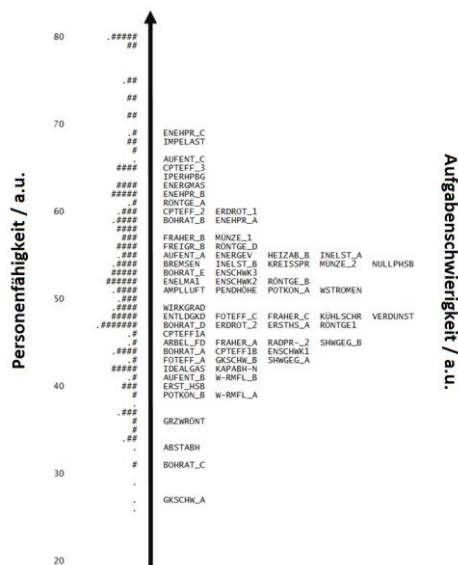


Abb. 3: Wright-Map
(#: 2 Personen, „.“= 1 Person)

Entwicklung und Validierung eines Experimentiertests

Motivation

Der Erwerb von Experimentierkompetenz stellt ein wichtiges Ziel der universitären Ausbildung im Fach Physik dar (z.B. Welzel et al., 1998). Dennoch wird bei Untersuchungen zum Lernerfolg gerade dieser Aspekt oft vernachlässigt. Dies liegt insbesondere daran, dass eine valide Erfassung von Experimentierkompetenz bisher nur eingeschränkt gelungen ist (z.B. Shavelson, Ruiz-Primo & Wiley, 1999; vgl. Emden, 2011). Im vorgestellten Projekt soll deshalb ein Instrument zur Erfassung von Experimentierkompetenz in der universitären Ausbildung im Fach Physik entwickelt und umfassend validiert werden.

Theoretischer Hintergrund

Nationale und internationale Arbeiten modellieren das Experimentieren als Abfolge von Handlungen zur Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten (z.B. Gut, Labudde & Ramseier, 2010; vgl. Emden, 2011). Unterschiede zeigen sich darin, wie die Qualität des Experimentierens bemessen wird, z.B. ob die Handlungen richtig oder in einer bestimmten Abfolge durchgeführt werden müssen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden diese Konzeptionen in einem Modell der Experimentierkompetenz zusammengeführt, das drei Dimensionen der Ausprägung von Experimentierkompetenz unterscheidet (vgl. Abb. 1): Die Handlungen müssen beim Experimentieren demnach

- sowohl fachlich als auch wissenschaftstheoretisch korrekt durchgeführt werden (Richtigkeit; vgl. z.B. Hammann, Phan & Bayrhuber, 2007; Nawrath, Maiseyenko & Schecker, 2011);
- in einer sinnvollen Reihenfolge durchgeführt werden (Strukturiertheit; vgl. z.B. Emden, 2011; Schreiber, Theyßen & Schecker, 2010); und
- zur Lösung des Problems genutzt werden (Zielorientiertheit; vgl. z.B. Klahr, 2000).

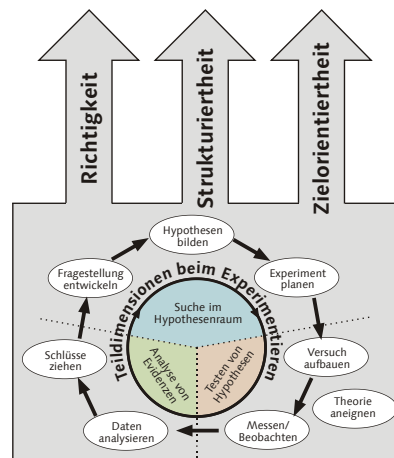


Abb. 1: Experimentierkompetenz

Ziel und Design

Ziel des Projekts ist es, einen Experimentiertest im Bereich Optik zu entwickeln mit dem sich der Erwerb von Experimentierkompetenz im physikalischen Praktikum für Physiker valide erfassen lässt. Zur Sicherung der inhaltlichen Validität im Sinne einer adäquaten Repräsentation des Konstrukts im Test ist es notwendig, dass bei der Bearbeitung der Aufgaben alle Handlungen angewendet werden. Dies wurde bei der Testentwicklung mit den folgenden Einschränkungen realisiert. (1) Die Fähigkeit „Fragestellungen entwickeln“ kann von den Items nicht abgedeckt werden, da bei einer offenen Problemstellung in einer kurzen Bearbeitungszeit keine vergleichbaren Ergebnisse erzielt werden können. (2) Die Fähigkeit „Hypothese bilden“ kann nur eingeschränkt abgebildet werden. Eine Hypothese im

eigentlichen Sinne liegt nur vor, wenn das Ergebnis unbekannt ist, was nur in Einzelfällen realisiert werden konnte. Aufgrund der bisherigen Probleme bzgl. der Validität von Tests mit realen Experimenten sollen drei Studien durchgeführt werden, um die Validität des entwickelten Experimentiertests sicherzustellen (vgl. Wild & Möller, 2009; siehe auch Messick, 1995): (1) Eine Inhaltsanalyse von Praktika und Testaufgaben im Bereich Optik; (2) eine Analyse der kognitiven Prozess bei der Testdurchführung und (3) eine Analyse der internen Teststruktur und der Zusammenhänge mit externen Variablen.

Studie 1: Inhaltsanalyse

Diese erste Studie dient der Sicherung des inhaltlichen Aspekts der Validität (Messick, 1995). Ein Test gilt als inhaltlich valide, wenn er das zu erfassende Konstrukt angemessen und vollständig abbildet. Der im Rahmen des vorliegenden Projekts entwickelte Test wurde, wie beschrieben, modellbasiert so konstruiert, dass die jeweiligen Handlungen durch den Test abgebildet werden. Bedingt durch die Domänenabhängigkeit von Experimentierkompetenz muss aber auch eine Passung bzgl. der Inhalte des Praktikums sichergestellt werden. Daraus ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

(F1.1) Welche Inhalte aus dem Bereich Optik sind Bestandteil physikalischer Praktika?

(F1.2) Inwieweit bildet der Test diese Inhalte ab?

Method

Die Versuchsanleitungen von Praktika wurden im Hinblick auf expliziten Lerngelegenheiten analysiert. Dies sind durch die Anleitung eindeutig festgelegte Fragestellungen bzw. Arbeitsaufträge. Die identifizierten expliziten Lerngelegenheiten wurden anschließend in ein Kategoriensystem geordnet, das auf Basis von Standardlehrwerken der Physik entwickelt wurde und 14 Kategorien umfasst. Insgesamt wurden auf diese Weise die Inhalte von 5 zufällig und 5 gezielt ausgewählten Praktika aus Deutschland durch zwei Rater analysiert. Bei der Kodierung der expliziten Lerngelegenheiten wurde eine prozentuale Übereinstimmung der Rater von 94,2% erzielt. Die prozentuale Übereinstimmung bei der Kategorisierung lag bei 87,8%. Bei einer Anzahl von 14 möglichen Kategorien lässt sich annehmen, dass der Einfluss zufälliger Übereinstimmungen vernachlässigbar ist.

Ergebnis

Bei der Auswertung der Daten zeigte sich, dass die Verteilung der Inhalte zwischen den untersuchten Praktika stark variiert. Es können also nur eingeschränkt Aufgaben entwickelt werden, die die Verteilung der Inhalte aller Praktik berücksichtigen. Zur Testentwicklung wurde daher wie folgt vorgegangen: Für jedes Praktikum wurden die Inhalte nach ihrer Häufigkeit geordnet. Aus diesen Rangordnungen wurde eine mittlere Rangordnung bestimmt. Die Items wurden schließlich so entwickelt, dass sich für den Test eine Rangordnung ergibt, die der durchschnittlichen Rangordnung der Praktikumsinhalte möglichst ähnlich ist. Die Inhaltsanalyse des Tests zeigt entsprechend, dass sich die Rangordnung der Praktikums- und Testinhalte im Mittel um 0,9 Ränge, maximal um 2 Ränge, unterscheidet.

Studie 2: Analyse kognitiver Prozesse

Die zweite Studie dient der Prüfung der kognitiven Validität (Messick, 1995). Ein Test gilt als kognitiv valide, wenn die theoretisch erwarteten und die bei der Testbearbeitung tatsächlich ablaufenden kognitiven Prozesse und Arbeitsabläufe, hier beschrieben durch die Handlungen beim Experimentieren, übereinstimmen und bewertet werden können. Die Bewertung kann bei Experimentiertests basierend auf dem Ergebnis (Produkt) erfolgen oder den Prozess der Lösungsfindung einbeziehen. Eine produktorientierte Auswertung ist testökonomischer erstrebenswert, der prozessorientierten Auswertung wird jedoch eine höhere Validität zugeschrieben. Es ergeben sich folgende Forschungsfragen:

(F2.1) Inwieweit stimmen die theoretisch erwarteten Handlungen mit den tatsächlich ablaufenden Handlungen der Probanden bei der Testbearbeitung überein?

(F2.2) Inwieweit kann eine prozess- bzw. produktorientierte Auswertung Experimentierkompetenz bzgl. der drei Ausprägungen Richtigkeit, Strukturiertheit und Zielorientiertheit abbilden?

Methoden

Es wurde eine Think Aloud Studie (vgl. Thelk, Hoole & Lottridge, 2006) mit $N=16$ Probanden ($n_1=9$ Bachelor Physik, $n_2=2$ wissenschaftliche Mitarbeiter und $n_3=5$ Finalisten der internationalen Physikolympiade) durchgeführt. Die Probanden wurden beim Bearbeiten des Tests gefilmt. Die Daten werden aktuell ausgewertet. Dazu werden zunächst die einzelnen Handlungen kodiert, um anschließend eine prozess- bzw. produktorientierte Auswertung bzgl. der drei Ausprägungen Richtigkeit, Strukturiertheit und Zielorientiertheit durchzuführen. Dabei wird eine Analyse des Laborhefts als produktorientierte Auswertung, eine Analyse der Videodaten ohne Tonspur als prozessorientierte Auswertung sowie eine Analyse der Videodaten inklusive Tonspur als Referenz für die kognitiven Prozesse der Probanden durchgeführt. Durch einen Vergleich der Scores für die produkt- bzw. prozessorientierten Auswertung und dem Referenzwert der kognitiven Prozesse kann geprüft werden, inwieweit die drei Dimensionen der Experimentierkompetenz abgebildet werden können.

Diskussion

Die erste Studie zur Sicherung der inhaltlichen Validität ist abgeschlossen. Es konnte gezeigt werden, dass die Inhalte von Praktika und Test weitestgehend übereinstimmen und deshalb inhaltliche Validität bezogen auf Praktika angenommen werden kann. Die Datenerhebung der zweiten Studie ist ebenfalls abgeschlossen. Derzeit werden die Manuale zur Kodierung erprobt. Durch eine Kodierung und Auswertung der Daten aus Laborheft, Video und Think Aloud lässt sich anschließend die kognitive Validität beurteilen. Abschließend folgt eine Erhebung mit größerer Stichprobe zur Analyse der strukturellen und externen Validität.

Literatur

- Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 118*. Berlin: Logos
- Gut, C., Labudde, P. & Ramseier, E. (2010). Large-scale Experimentiertests: Ansätze zur Analyse von Itemschwierigkeiten. In D. Höttercke (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik*. Münster: LIT-Verlag, 245-247
- Hammann, M., Phan, T. T. H. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Kompetenzen beim Experimentieren zu messen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, Sonderheft 8*, 33-49
- Klahr, D. (2000). *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, Mass.: MIT Press
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performance as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist, 50* (9), 741-749
- Nawrath, D., Maiseyenko, V. & Schecker, H. (2011). *Experimentelle Kompetenz - Ein Modell für die Unterrichtspraxis*. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule, 42-48
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2010). Diagnostik experimenteller Kompetenz: Ergebnisse von Pilotstudien. D. Höttercke (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. Münster: LIT-Verlag, 244-246
- Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A., & Wiley, E. (1999). Note on sources of sample variability in science performance assessments. *Journal of Educational Measurement, 36* (1), 59-69
- Thelk, A. D. & Hoole, E. R. (2006). What Are You Thinking? Postsecondary Student Think-Alouds of Scientific and Quantitative Reasoning Items. *Journal of General Education, 55* (1), 17-39
- Wild, E. & Möller, J. (2009). *Pädagogische Psychologie*. Springer-Lehrbuch. Heidelberg: Springer
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelew, 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* (1), 29-44

Unterstützende E-Aufgaben in der Physikausbildung für Mediziner

Ausgangssituation

Die Physiklehre ist ein fester Bestandteil des Grundstudiums für Studierende der Medizin (ÄAppO., 2002). Obwohl physikalischen Gesetzmäßigkeiten in der Medizin eine große Bedeutung zukommt, wie zum Beispiel bei der Beschreibung von elektrophysiologischen Vorgängen im Körper oder bei der Diagnostik (MRT, CT, Ultraschalluntersuchungen, Röntgen etc.), gilt die physikalische Grundausbildung als schwieriges und unbeliebtes Fach bei den meisten Studierenden. Kortemeyer (2007) gibt folgende Beschreibung für die Physiklehre für angehende Mediziner aus den USA, die auch für Deutschland zutreffend ist:

„The disconnect between physics teachers and their premedical students has its roots in different expectations. Where instructors seek to impart concepts from which students can draw understanding, premeds hold a mostly nonexpert-like view of what physics is about. Instead, they are motivated by their need to perform on standardized tests with mostly formula-driven numerical problems and by the need to get a very good grade in a course that seems foreign and unintuitive to them.“ (Kortemeyer, 2007)

Nach der Approbationsordnung (ÄAppO., 2002, §14) müssen die Mediziner auch in Deutschland einen standardisierten und oft sehr quantitativen Test schreiben, auf den sie vorbereitet werden sollen. Die Lehre an der MHH (Medizinische Hochschule Hannover) beinhaltet 16 Vorlesungstermine, vier Seminare und acht Praktikumstage. Für die Seminare und Praktika besteht Anwesenheitspflicht. Die Evaluationen der letzten Jahre an der MHH zeigten viel Kritik an der Lehre. Dies führte zu dem Wunsch, alle Lehrveranstaltungen (Vorlesungen, Seminare und Praktika) zu verbessern. Im Bereich Praktikum für Mediziner gab es durch Theyßen (1999) und Plomer (2011) bereits erfolgreiche Ansätze, dieses adressatenbezogen umzugestalten und an deutschen Hochschulen zu implementieren. Durch diese positiven Ergebnisse wurden neue Versuche für das Physikpraktikum der MHH entwickelt und eingesetzt. Im Rahmen einer Bachelorarbeit (Kiesling, 2010) wurde auch die Vorlesung umstrukturiert und interaktiver gestaltet. Multiple-Choice Fragen wurden für die Optikvorlesung erstellt, die während der Vorlesung mittels Flashcards¹ von Studierenden beantwortet werden können und diese damit Feedback zu ihrem aktuellen Wissensstand geben können. Diese Arbeit wurde stark durch die Forschung von Mie (2002) beeinflusst, der den Multiple-Choice-Aufgaben im Physikunterricht eine unterschätzte Rolle als Feedback Instrument zuschreibt. International wurde ein ähnliches Vorgehen durch Mazur (1997) geprägt, der in früheren Lehrjahren ebenfalls Flashcards für die Peer-Instruction² einsetzte. Trotz dieser Maßnahmen fehlt es den Studierenden weiterhin an Übungen, die sie auf die Klausur vorbereiten. Dazu sollen in Seminaren exemplarische Aufgaben bearbeitet und besprochen werden. Da die physikalische Vorbildung der Studierenden eine große Heterogenität aufweist, ist es schwierig alle Studierenden adäquat zu betreuen. So hatte ein Großteil (ca. 80%) der Studierenden keinen Physikunterricht in der Oberstufe. Einzelne Studierende gaben in Gesprächen unter anderem an, dass sie auf Grund von Lehrermangel teilweise nur ein halbes Jahr Physik in der Schule hatten.

¹Als Flashcards werden Papierkärtchen bezeichnet, auf denen einzelne Buchstaben (z. B. A,B,C und D) stehen, um Multiple-Choice Fragen zu beantworten.

²Lehrmethode, die zwei Feedback Runden während einer Vorlesung beinhaltet – eine Einzelphase und eine Gruppenphase, in der Studierende nach dem gemeinsamen Austausch erneut ihre Meinung zu einer Multiple-Choice-Aufgabe per Flashcard oder Klicker äußern.

Seminarkonzept mit E-Aufgaben

2011 wurden die Seminaaraufgaben der Bereiche Akustik, Flüssigkeiten und Elektrizität auf eine Lernplattform (LON-CAPA) übertragen und zur freiwilligen Bearbeitung zur Verfügung gestellt. Ziel war, dass die Studierenden sich vor dem Seminar mit den Aufgaben beschäftigen sollten und somit eine gezieltere Betreuung im Seminar ermöglicht wurde. Maximal 10% der Studierenden nutzten freiwillig LON-CAPA, um sich auf die Seminare vorzubereiten. Aus Sicht der Dozenten konnte keine Verbesserung der Seminarleistungen durch die freiwillige Nutzung der Lernplattform erzielt werden.

2012 wurde das Angebot der E-Aufgaben mit dem Bereich der Optik (viertes Seminargebiet) vervollständigt und die Anforderungen für das Erlangen der Studienleistung wie folgt geändert: Neben der Anwesenheit, die 2011 für die Studienleistung ausreichend war, sind von den Studierenden seitdem 60% der Seminaaraufgaben vor dem Beginn des Seminars online erfolgreich zu bearbeiten. Für den Fall, dass sie die 60% der Aufgaben nicht vor dem Seminar erreichen, besteht für die Studierenden die Möglichkeit, die Aufgaben nachzuarbeiten. Dafür haben sie 14 Tage Zeit und benötigen dann 90% der erreichbaren Punkte. LON-CAPA ermöglicht es, dass die Studierenden dabei nicht exakt die gleichen Aufgabenversionen zu bearbeiten haben, sondern dass beispielsweise durch Variation der Aufgabenvariablen andere Zahlenwerte errechnet werden müssen. So wird eine einfache Reproduktion verhindert. Die Seminaaraufgaben bestehen ausschließlich aus Rechenaufgaben. Mit den Statistiken aus LON-CAPA kann der Fokus im Seminar auf die Besprechung der schwierigeren Aufgaben gelegt werden, die nur von wenig Studierenden gelöst wurden. Vollständig richtig gelöste Aufgaben erhalten nur auf Nachfrage eine gesonderte Bearbeitung.

Überprüfung des Wissenszuwachses durch das neue Seminarkonzept (Beispiel Optik)

Das Seminar zur Optik fand parallel zur Optikvorlesung statt (Abb.). Um den Einfluss der neuen Seminarstruktur auf den Wissenszuwachs zu überprüfen, wurde ein Pre/Post-Test Design gewählt. Als Kontrollgruppe (KG) diente der 2011er Jahrgang, der sich nicht mit der Lernplattform auf das Seminar Optik vorbereitet hatte. Der eingesetzte Test enthielt 23 Items im Multiple-Choice Format (jeweils vier Antwortmöglichkeiten) zum Inhalt der Vorlesung (Faktenwissen, teilweise konzeptuelles Verständnis). Der Test wurde vor der ersten und nach der letzten Optikvorlesung durchgeführt (vgl. Abb.).

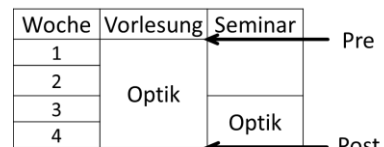


Abb. 1: Zeitlicher Ablauf der Optiklehre

Ergebnisse für die Nutzung von E-Aufgaben für das Seminar

In Tab. 1 sind die Ergebnisse der Pre- und Post-Tests der Jahrgänge 2011 (KG) und 2012 (TG) abgebildet. Die Teilnehmerzahlen von Tab. 1 beziehen sich hier auf die Studierenden, die sowohl am Pre- als auch am Post-Test teilgenommen haben. Beim Wissenszuwachs wurde hier der g-Faktor nach Hake (1998) bestimmt. Hake definierte einen g-Wert zwischen 0,3 und 0,7 als mittleren normalisierten Zuwachs. Beide Gruppen liegen in diesem Bereich. Die Mittelwerte der Kontrollgruppe (KG) und der Treatmentgruppe (TG) aus dem Pre-Test weichen nicht signifikant voneinander ab (vgl. Tab 1). Es kann also davon ausgegangen werden, dass sie mit ähnlichem Vorwissen in die Lehrveranstaltung gekommen sind. Beim Post-Test liegt die Treatmentgruppe höchst signifikant über der Kontrollgruppe. Da die Vorlesung vom gleichen Dozenten gehalten wurde, die gleichen Seminaaraufgaben besprochen und Seminare von den gleichen Dozenten geleitet wurden, ist der Effekt mutmaßlich dem Treatment zu zuschreiben. Neben dem erhöhten Wissenszuwachs an Faktenwissen während der Vorlesung, der hier geprüft wurde, berichteten die Dozenten auch von einer produktiveren Seminaratmosphäre.

	N	Pre		Post		Zuwachs	Normalized-gain (g)
		Mean	SD	Mean	SD		
2011 (KG)	95	8,69	2,92	13,43	3,46	4,74	0,32
2012 (TG)	43	8,12	2,74	16,72	2,94	8,60	0,58
Sig. (U-Test)		.22		7E-7			

Tab. 1: Ergebnisse des Pre- und Post-Tests der Kontroll- und Treatmentgruppe (Cronbachs's $\alpha = .65$ im Post-Test 2012).

Praktikumsvorbereitung mit E-Aufgaben

Im Vorfeld des Praktikums werden klassische Praktikumsskripte ausgeteilt, mit denen sich die Studierenden auf den Praktikumsversuch vorbereiten. Seit 2012 werden schriftliche Eingangstestate zum Praktikum im Multiple-Choice Format durchgeführt. Zum Einsatz kommt dabei kein „paper and pencil“ Test, sondern ein Klicker-System, das die elektronische Auswertung des Testats übernimmt. Die Studierenden müssen auch hier wieder 60% (5 von 8) der Fragen richtig beantworten, um zum Praktikum zugelassen zu werden. Falls dieses misslingt, können die Studierenden mündlich nachtestiert werden.

Um den Studierenden für die Praktikumsvorbereitung und das Testat weitere Unterstützung zu bieten, wurden praktikumsspezifische Fragen in LON-CAPA online gestellt. Der Großteil der Studierenden (ca. 70%) nutzte diese Aufgaben freiwillig, um sich auf das Praktikum vorzubereiten.

Auf einer sechsstufigen Likert-Skala (von 1 trifft völlig zu bis 6 trifft gar nicht zu) evaluierten die Studierenden die praktikumsvorbereitenden E-Aufgaben als sehr hilfreich (1,7). Sie fanden das neue Testatkonzept objektiv und hielten den Schwierigkeitsgrad der gestellten Aufgaben für angemessen (2,6).

Zusammenfassung

Mit der Einführung der verpflichtenden E-Aufgaben und Statistiken aus der Lernplattform konnte im Seminar spezieller auf die Bearbeitungsprobleme der Studierenden eingegangen werden. Zusätzlich wurde ein größerer Wissenszuwachs der Treatmentgruppe (E-Aufgaben) beobachtet.

Die E-Aufgaben vor dem Praktikum haben den Studierenden geholfen, sich optimal auf das Praktikum vorzubereiten und das Eingangstestat zu bestehen. In beiden Fällen konnte LON-CAPA die Lehre unterstützen und den Studierenden helfen.

Literatur

- ÄAppO. (2002). Approbationsordnung für Ärzte vom 27. Juni 2002 (BGBl. I S. 2405), zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 2. Dezember 2007 (BGBl. I S. 2686)
- Hake, R. (1998). Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *Am. J. Phys.*, 66 (1), 64-74
- Kiesling, K. (2010). Der Einsatz von Multiple-Choice-Aufgaben in der. Hannover: Unveröffentlichte Bachelorarbeit an der Leibniz Universität Hannover (IDMP)
- Kortemeyer, G. (2007). The Challenge of Teaching Introductory Physics to Premedical Students. *The Physics Teacher*, 45 (9), 552
- Mazur, E. (1997). Peer instruction. A user's manual. Upper Saddle River: N.J.: Prentice Hall
- Mie, K. (2002). Multiple-Choice-Aufgaben im Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 67, 8-12
- Plomer, M. (2011). Physik physiologisch passend praktiziert. Bd. 112. Berlin: Logos Verlag
- Theyßen, H. (1999). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Bremen: Logos Verlag Berlin

Fallstudien zum Wiki-gestützten Praktikum „Physikalische Schulexperimente“

Im vorliegenden Beitrag werden zunächst die Ziele und das Konzept des fachdidaktischen Praktikums „Physikalische Schulexperimente“ an der Universität Potsdam, insbesondere mit Blick auf den Einsatz eines Wikis, dargestellt. Nach einer folgenden Skizzierung des Evaluationsvorhabens in Form eines Fallstudienansatzes (im Sommersemester 2011) werden abschließend erste Ergebnisse vorgestellt und diskutiert.

Einleitung

Den Einsatz von Experimenten für den Unterricht fachdidaktisch begründet zu planen sowie die getroffenen Gestaltungsentscheidungen reflektieren zu können, lassen sich aus fachdidaktischer Perspektive als wichtige Bestandteile der professionellen Kompetenz von Physiklehrkräften verstehen. Dies spiegelt sich u.a. explizit in (normativ) gesetzten Annahmen zur Modellierung entsprechender Kompetenzen wider (z.B. Riese 2009), wird aber auch implizit in der Kritik an der aktuellen Unterrichtspraxis hinsichtlich des Einsatzes von Experimenten erkennbar (vgl. Hopf, 2007, S. 13ff; Tesch, 2005, S. 46ff.). So zeigt sich z.B. bei Tesch (2005) sowie mit Blick auf weitere Forschungsreviews (z.B. Hofstein und Lunetta 2004), dass für einen angemessenen Einsatz von Experimenten die Einbettung „in den Unterricht ein zentraler Qualitätsfaktor ist“ (Tesch 2005, S. 196).

Für das physikdidaktische Praktikum „Physikalische Schulexperimente“ wurde sich u.a. vor diesem Hintergrund die Zielstellung gesetzt, dass Lehramtsstudierende am Gegenstand von (schultypischen) Experimenten dazu befähigt werden sollen, den Einsatz von physikalischen Experimenten angemessen zu planen, durchzuführen und zu reflektieren. Insbesondere zur Förderung der konzeptionellen Fähigkeiten wurde die Lehrveranstaltung als ein Blended-Learning-Format in mehreren Iterationsschritten neu gestaltet. Dieses Vorgehen begründet sich u.a. vor dem Hintergrund, dass im mediendidaktischen Diskurs entsprechenden Konzepten und Medien verschiedene Potenziale zur Förderung konzeptioneller Fähigkeiten zugeschrieben werden (z.B. Berlanga et al., 2010; Iske & Marotzki, 2010).

„Physikalische Schulexperimente“ – Skizze des Wiki-Einsatzes

Neben experimentellen Tätigkeiten und Microteachings planen die Studierenden im Rahmen des Praktikums mit Hilfe eines Wikis den Einsatz von Experimenten unter fachdidaktischen Aspekten, erhalten regelmäßiges Feedback von den Lehrenden sowie die Gelegenheit, die im Praktikum gewonnenen Erfahrungen zu diskutieren. Dafür bearbeiten die Studierenden im Rahmen von drei Themenblöcken (E-Lehre, Mechanik, Optik) über jeweils vier Wochen die gleichen Planungsaufgaben, welche auf die folgenden Aspekte abzielen:

- Erarbeitung von Schülervorstellungen & Recherche zu möglichen Experimenten (A1),
- begründete Reihung der Experimente (A2),
- Formulierung von Lernzielen zur Experimentiersequenz (A3),
- Auswahl eines Experimentes und ausführliche Darstellung zum Einsatz im Physikunterricht (A4).

Die Bearbeitung der Aufgaben erfolgte in Tandems und musste jeweils zwei Tage vor der Präsenzveranstaltung abgeschlossen werden. So hatten die Lehrenden „just in time“ die Möglichkeit, schriftliches Feedback auf den Diskussionsseiten des Wikis zu formulieren und

tandemübergreifende Schwierigkeiten zu Beginn jeder Präsenzveranstaltung im Plenum zu diskutieren.¹

Fallstudien als Evaluationsansatz

Im Rahmen der kontinuierlichen, wissenschaftlichen Begleitung der vorgenommenen Praxisveränderungen wurde eine Evaluation sowohl mit Fragebögen und Wissenstests über mehrere Semester durchgeführt (Krey & Rabe, 2013, in diesem Band) als auch mit Hilfe eines Fallstudienansatzes (N=3) im Sommersemester 2011 verfolgt. Mit diesem Ansatz wurde das Ziel angestrebt, die Bearbeitung der Planungsaufgaben in den Wikis prozessbezogen zu beschreiben und hinsichtlich des Kompetenzerwerbs zu diskutieren. Das übergeordnete Ziel dieses Evaluationsprojektes kann gemäß Parchmann (2008) in der qualitativen „Beschreibung von Prozessen [verstanden] werden, um zielgerichtet Lernumgebungen mit adaptiven Hilfen zur Entwicklung von Kompetenzen erarbeiten zu können“ (S. 11).

Datenerhebung

Zum einen wurden den drei Studierenden, die sich freiwillig für die Teilnahme an der Studie entschieden hatten, Audioaufnahmegeräte zur Verfügung gestellt. Sie wurden darum gebeten, Audioprotokolle in allen Situationen zu erstellen, in denen sie an den Aufgaben arbeiteten und ihr Vorgehen mit Hilfe der Methode des lauten Denkens – im Sinne der Artikulation ihrer Gedanken zur Lösungsfindung – zu dokumentieren. Dies stellt den Versuch einer Datenerhebung in einem möglichst authentischen Setting dar.² Zum anderen wurden in Anlehnung an Abels (2009) und Leonhard (2008) ebenfalls die Arbeitsergebnisse der Studierenden analysiert. So erstellten die Studierenden im Verlauf des Semesters zu den drei unterschiedlichen Themen jeweils (aufgabengeleitete) Planungen zum Einsatz von Experimenten. Ferner wurde eine ausgewählte (und dafür überarbeitete) Fassung zur Leistungsbewertung am Ende der Lehrveranstaltung von den Studierenden eingereicht. Für eine Analyse der Arbeitsergebnisse ergaben sich so jeweils vier Momentaufnahmen. Darüber hinaus wurden die Studierenden im Rahmen von zwei Interviews zur Validierung der Audioprotokolle, zu ihren Vorstellungen über Lehren und Lernen und zur Rolle des Experimentierens beim Lehren von Physik befragt.

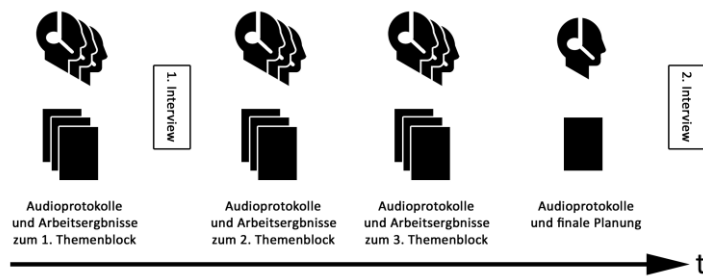


Abb. 1: Schematische Darstellung zur Materialerhebung

Analyseverfahren und erste Ergebnisse auf der Produktebene

In Anlehnung an Leonhard (2008) wurde die Fallerschließung im Anschluss an die Datenerhebung durchgeführt. Dafür wurde sich bisher auf die Analyse der Arbeitsergebnisse beschränkt. Für eine Einschätzung wurden zunächst Indikatoren für die mit der Lehrveran-

¹ Der Fokus der Aufgabenstellungen ergab sich aus den spezifischen Lernzielen der Veranstaltung. Für eine ausführliche Darstellung der adressierten Teilziele und des Gesamtkonzeptes der Lehrveranstaltung vgl. Krey & Rabe, 2013, in diesem Band sowie Rau, Krey und Rabe (2012).

² Möglichst authentisch meint gemäß Wilbers und Jonas-Ahrend (2009, S. 190): „der Vorteil der Authentizität des Planungskontextes wird indes mit einer wenig authentischen Kommunikationssituation erkaufte“.

stellung adressierten Teilkompetenzen definiert und jeweils zwischen drei Niveaus differenziert (1-3). Sofern in den Ausarbeitungen keine Aussagen und Aspekte zu den jeweiligen Indikatoren identifiziert werden konnten, erfolgte eine Bewertung mit der Stufe 0. In Abbildung 2 wird eine exemplarische Bewertung der in dem Wiki erstellten Planungen hinsichtlich der adressierten Teilkompetenzen „eine Experimentiersequenz unter Berücksichtigung typischer Lernvoraussetzungen und eventueller Schülervorstellungen planen können“ und „adäquate, angestrebte Lernziele und Kompetenzen formulieren können“ aufgabenbezogen dargestellt. Sofern die Aufgabenstellungen keine Aussagen und Aspekte „erlaubten“, wurde diese in den folgenden Abbildungen grau markiert.

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 1	Fall 2	Fall 3
A1	1	1,5	1	2	1,5	1	2	1	0	2	1,5	1			
A2	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1			
A3													1	1	0
A4	2	1	0	2	1	0	1	0	0	2	0	2	1	1	0

Abb. 2: Bewertung der Arbeitsergebnisse hinsichtlich der Berücksichtigung von SV (links) und bezüglich der Formulierung von angemessenen Lernzielen (rechts)

Mit Blick auf die ersten Ergebnisse hinsichtlich der Analyse auf der Produktebene finden sich sehr individuelle „Verläufe“. Interessant erscheint dabei, dass bei unterschiedlichen Themenblöcken die Planungsprodukte hinter bereits erreichte Niveaustufen (z.B. hinsichtlich der Berücksichtigung von SV) zurückfallen.

Diskussion

Um der Zielstellung des Evaluationsvorhabens gerecht zu werden, bedarf es noch der Berücksichtigung der weiteren Datenauswertung. Die Analyse der Audioprotokolle hinsichtlich (a) des formalen Vorgehens bei der Bearbeitung der Aufgabenstellungen (Umgang mit Feedback und Hilfsmaterial) sowie (b) des Lauten Denkens zur prozessbezogenen Beschreibung der Kompetenzentwicklung wird derzeit durchgeführt.

Literatur

- Abels, S. (2009). Didaktische Handlungs- und Reflexionsfähigkeit in Abhängigkeit von der Berufsidentität bei Lehramtsstudierenden. In D. Höttecke (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Münster: LIT, 351-353
- Berlanga, A. J., Peñalvo, F. G. & Sloep, P. B. (2010). Towards eLearning 2.0 University. Interactive Learning Environments 18 (3), 199-201
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. International Journal of Science Education, 88 (1), 28-54
- Hopf, M. (2005). Problemorientierte Schülerexperimente. Berlin: Logos Verlag
- Iske, S. & Marotzki, W. (2010). Wikis: Reflexivität, Prozessualität und Partizipation. In B. Bachmair (Hrsg.), Medienbildung in neuen Kulturräumen. Die deutschsprachige und die britische Diskussion. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Leonhard, T. (2008). Professionalisierung in der Lehrerbildung. Eine explorative Studie zur Entwicklung professioneller Kompetenzen in der Lehrerbildung. Berlin: Logos Verlag
- Parchmann, I. (2008). Bildungsstandards und Kompetenzmodelle – Katalysatoren für fachdidaktische Forschung, Lehrerbildung und Unterrichtsentwicklung? In D. Höttecke (Hrsg.), Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Münster: LIT, 5-13
- Rau, F., Krey, O. & Rabe, T. (2012). Experimente für den Physikunterricht begründet einsetzen lernen – ein „hybrid course“. In S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Münster: LIT, 452-454
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos Verlag
- Tesch, M. (2005). Das Experiment im Physikunterricht - Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie. Berlin: Logos Verlag
- Wilbers, J., & Jonas-Ahrend, G. (2009). Die Lernerperspektiven als Gegenstand kooperativer Planungsprozesse. In D. Höttecke (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Münster: LIT, 190-192

Untersuchungen zur Nachbereitungsform „Protokoll“ im Physikpraktikum für Biologie-Studierende

Im Rahmen der adressatenspezifischen Neugestaltung physikalischer Grundpraktika für Nebenfachstudierende wird an der RWTH Aachen das Praktikum für Studierende der Biologie nach dem Prinzip der didaktischen Rekonstruktion überarbeitet.

Für die fachliche Klärung wurde eine deutschlandweite Online-Befragung durchgeführt. Befragt wurden Dozenten von 23 Hochschulen, in Aachen auch die wissenschaftlichen Mitarbeiter, es konnten 191 Antworten ausgewertet werden. Von 76% der Befragten wurde die Aufbereitung und Verarbeitung von Messwerten, also die Auswertung, als sehr wichtig bewertet.

Einführung

Praktika sind traditionell ein fester Bestandteil vieler natur-, ingenieurwissenschaftlicher und medizinischer Studiengänge an deutschen Hochschulen. Die Ziele, die Lehrende mit dem experimentellen Arbeiten in Praktika verbinden, wurden 1998 von Welzel et al. als Ergebnis einer europaweiten Studie benannt (Welzel, 2009). Dabei zeigte sich, dass das Verbinden von Theorie und Praxis, der Erwerb experimenteller Fähigkeiten und das Kennenlernen wissenschaftlichen Denkens im Vordergrund stehen. 2009 wurde von Schreiber, Theyßen und Schecker ein Modell der experimentellen Kompetenz entwickelt, mit dem die Prozesse beim Experimentieren kategorisiert werden können (Schreiber, 2009). Hiernach existieren drei Hauptkategorien, welche den verschiedenen Phasen des Experimentierens entsprechen: der Planung, Durchführung und Auswertung eines Versuchs. Unterkategorien spezifizieren oder verbinden diese Phasen.

In den weit verbreiteten Physikpraktika für Nebenfach-Studierende liegt im Allgemeinen der Schwerpunkt auf der Durchführung und Auswertung der Experimente. Ein typisches Beispiel für Physikpraktika für Nebenfachstudierende stellen Praktika für Studierende der Biologie dar. In einer Online-Recherche wurde die deutschlandweite Situation zu solchen Praktika erfasst. Es zeigte sich, dass von 44 Hochschulen mit Studiengängen der Biologie 30 ein Physikpraktikum anbieten (Abb.1).

Eine etablierte Methode zur (Neu-)Konzeption physikalischer Praktika beruht auf dem Prinzip der didaktischen Rekonstruktion. Beispiele für die Anwendung der didaktischen Rekonstruktion zur Neugestaltung von Physikpraktika sind die Entwicklungen von Theyßen (Praktikum für Medizin-

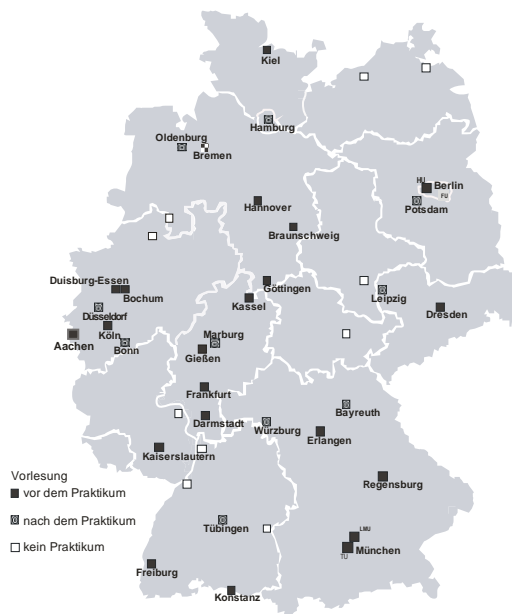


Abb. 1: Physikpraktika im Biologiestudium

studierende, Theyßen, 2005) und Neumann (Grundpraktikum für Physikstudierende, Neumann, 2005). Die didaktische Rekonstruktion ist somit eine geeignete Methode zur Realisierung adressatenspezifischer Physikpraktika und dient deshalb auch der vorliegenden Arbeit als Gerüst für die Neukonzeption eines Physikpraktikums für Studierende der Biologie. Ergebnisse erster Erhebungen zur fachlichen Klärung und zur Lerner-Perspektive im Rahmen der Neukonzeption des Praktikums werden nachfolgend präsentiert. Sie zeigen mögliche strukturelle Probleme Physikalischer Praktika.

Fachliche Klärung

In einem ersten Schritt zur fachlichen Klärung wurden in einer offenen Befragung ca. 200 Biologie-Dozenten an elf deutschen Hochschulen nach den Zielen eines Physikpraktikums für Biologiestudierende befragt. Die 54 Antworten ließen sich den Unterkategorien des Modells der experimentellen Kompetenz (Schreiber, 2009) zuordnen. Dabei hat sich das Item „Ergebnis interpretieren“ aus der Kategorie „Auswertung“ eindeutig als die Teilkompetenz erwiesen, denen die Biologie-Dozenten die größte Bedeutung zuweisen.

Aus der Erstbefragung wurde eine zweite Umfrage mit geschlossenen Fragen erarbeitet. In dieser wurden je zwei der Unterkategorien sinnvoll zusammengefasst, so dass sich 6 Items ergaben. Hierbei wurden nur Unterkategorien zu Items zusammengefasst, die sich nach der ersten Umfrage nicht statistisch signifikant in ihrer Wichtigkeit unterscheiden haben. Die resultierenden Items waren „Versuchsanordnungen aufbauen, Geräte zusammenstellen“, „Vorgegebene Fragestellungen klären“, „Umgang mit Problemen, Defekten und Fehlern“, „Erwartungen formulieren, Hypothesen bilden“, „Messungen durchführen und Messungen dokumentieren“ und „Messdaten aufbereiten, Messdaten verarbeiten“. Die Wichtigkeit dieser Items für ein Physikpraktikum für Biologiestudierende sollte von Experten der Biologie auf einer vierstufigen intervallskalierten Skala bewertet werden.

Biologie-Dozenten an 23 Hochschulen in ganz Deutschland (an der RWTH Aachen auch Doktoranden) haben die Online-Umfrage bearbeitet. Es konnten 191 Antworten ausgewertet werden. Hierbei ergibt sich, dass die Kompetenzen „Messdaten durchführen, Messdaten dokumentieren“ sowie „Messdaten aufbereiten, Messdaten verarbeiten“ als „sehr wichtig“ bewertet worden sind und sich in ihrer Bewertung statistisch signifikant von der Bewertung der anderen Items absetzen.¹ Als die am wenigsten wichtigen Kompetenzen in Bezug auf ihre Vermittlung im Physikpraktikum für Biologen wurden, wiederum trennscharf von

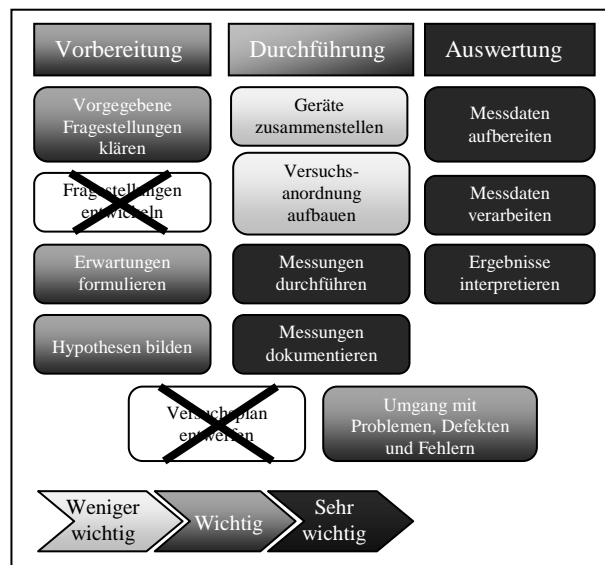


Abb. 2: Bewertung der Wichtigkeit experimenteller Kompetenzen im Physikpraktikum für Biologiestudierende

¹ Dies wurde durch einen Kolmogrow-Smirnov Test überprüft.

den anderen Items, „Geräte zusammenstellen“ und „Versuchsanordnung aufbauen“ bewertet. Diese Untersuchung zeigt deutlich, dass die Vermittlung der Kompetenzen im Bereich „Auswertung“ in einem Physikpraktikum als fundamental wichtig für Studierende der Biologie bewertet wird. Abb. 2 illustriert die Wichtigkeit der einzelnen Phasen des Versuches, wie sie aus der Bewertung durch Experten der Biologie abgeleitet werden kann. Vergleicht man den durchschnittlichen Zeitaufwand der Studierenden einerseits und das Betreuungsangebot andererseits in diesen Phasen des Versuches mit der zugeordneten Wichtigkeit, zeigt sich ein deutliches Ungleichgewicht. Die Einschätzung des Zeitaufwandes basiert dabei auf Erhebungen in Physikpraktika in Aachen und Konstanz. Danach wenden die Studierenden für die Vorbereitung eines Versuches, die ohne Betreuung zu Hause erfolgt, typischerweise etwa eine Stunde auf. So vorbereitet kommen die Studierenden ins Praktikum, in dem sie (nach den Ergebnissen der deutschlandweiten Online-Recherche) zwei bis vier Stunden betreut experimentieren. Für das Protokoll jedoch brauchten 74% der Biologie-Studierenden in Konstanz im SS 2012 mehr als 7 Stunden. In dieser Phase arbeiten die Studierenden typischerweise ohne Betreuung. Somit deutet sich ein strukturelles Problem von Physikpraktika an, wie sie heute typischerweise an vielen Standorten durchgeführt werden: In der dritten Phase des Experimentierens (Auswertung), der die Experten der Biologie die höchste Wichtigkeit zugeordnet haben, wenden die Studierenden die meiste Zeit auf, müssen aber i.d.R. ohne Hilfestellung durch Betreuer auskommen.

Erfassen der Lerner-Perspektive

Für die Lerner-Perspektive ist zunächst das schulische Physik-Vorwissen der Biologiestudierenden von Bedeutung. In Aachen hatten 66% der Biologiestudierenden Physik nur bis zur 10. Klasse, ca. 17% haben einen Leistungskurs Physik belegt (Borawski, 2007). Somit ergibt sich für das Physikpraktikum für Biologiestudierende ähnlich wie bei Studierenden der Medizin (Theyßen, 2005) die Besonderheit der sehr großen Heterogenität der Vorkenntnisse der Lerner. Dies muss bei der Neukonzeption des Praktikums für Biologiestudierende und insbesondere bei der Umsetzung der Zieleformulierung durch die Experten der Biologie Berücksichtigung finden.

Weitere Planung

Nach den vorliegenden Ergebnissen einer deutschlandweiten Befragung von Experten der Biologie zeigt sich eine große Bedeutung der Phase der Auswertung von Versuchen für die Herausbildung der angestrebten experimentellen Kompetenzen, die durch das Physikpraktikum vermittelt werden sollen. Um einen genaueren Einblick in den Ablauf der Phase der Auswertung zu gewinnen, wie er sich aktuell im Physikpraktikum für Biologiestudierende darstellt, werden für eine Kohorte von 100 Biologiestudierenden die in der Auswertung entstandenen Protokolle erfasst und in ihren wesentlichen Bestandteilen analysiert. Zusätzlich wird die Entwicklung des Zeitaufwandes für die Protokollerstellungen im Verlauf des Praktikums per Fragebogen erhoben.

Literatur

- Borawski, H., Theyßen, H. & Heinke, H. (2005). Entwicklung eines Physikpraktikums für Studierende der Biologie. In V. Nordmeier & A. Oberländer (Hrsg.), Tagungs-CD zur Frühjahrstagung Didaktik der Physik in Berlin
- Neumann, K. (2005). Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. In H. Niedderer & H. Fischler (Hrsg.), Studien zum Physiklernen. Bd. 38. Berlin: Logos
- Schreiber N., Theyßen H. & Schecker H. (2009). PhyDid 3/8
- Theyßen, H. (2005). Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Medizinstudierende. In H. Niedderer & H. Fischler (Hrsg.), Studien zum Physiklernen. Bd. 9. Berlin: Logos
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Kouramas, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K. & Aufschnaiter, S. v. (1998). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4 (1), 29-44

Heike Theyßen¹
 Sarah Struzyna¹
 Christin Heinze²
 Ralf Widenhorn³
 Elliot Mylott³

¹Universität Duisburg-Essen
²Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
³Portland State University

Online-Versuche „Physik für Mediziner“ im internationalen Vergleich

An der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (HHU) wurden 2003 nach positiver Evaluation mehrere Module der hypermedialen Lernumgebung „Physik für Mediziner“ als Online-Versuche in den Regelbetrieb des Physikpraktikums für Medizinstudierende aufgenommen. Den Studierenden wird dadurch die Möglichkeit geboten, einzelne Praktikumstermine durch Bearbeitung der entsprechenden Online-Versuche zu ersetzen. Durchschnittlich 30 Prozent der Medizinstudierenden nehmen dieses Angebot mindestens einmal in ihrem Praktikum wahr.

In Kooperation mit der Portland State University (PSU) wurde das Lernmodul: „Geometrische Optik/Auge“ ins Englische übersetzt, um dort ebenfalls in der Physikausbildung angehender Mediziner („pre-health“) eingesetzt zu werden. Zur Evaluation des Transfers wurde Anfang 2012 eine Vergleichsstudie durchgeführt. Darin wurden Lernvoraussetzungen, Einstellungen der Studierenden zur Lernumgebung sowie der Lernerfolg erhoben. Anlage und erste Ergebnisse dieses Ländervergleichs werden im Folgenden präsentiert.

Das Lernmodul

Die hypermediale Lernumgebung „Physik für Mediziner“ wird z.B. bei Theyßen (2003) genauer beschrieben. Hier werden nur einige Eigenschaften kurz zusammengefasst:

Die Lernmodule stehen online zur Verfügung. Alle Eingaben der Studierenden werden zentral gespeichert, so dass diese eine unterbrochene Bearbeitung unter ihrer persönlichen Zugangskennung jederzeit und von jedem PC mit Internetanschluss wieder beim letzten Bearbeitungsstand aufgreifen können. Lernzeiten und -orte können so praktisch frei gewählt werden.

Die Lernmodule sind in sich abgeschlossene Lerneinheiten zu jeweils einem physikalischen Themenbereich, hier z.B. zur geometrischen Optik des menschlichen Auges. Sie beinhalten neben der Theorie zahlreiche Aufgaben, Fragen und Bildschirmexperimente zur interaktiven Erarbeitung der Inhalte (Kirstein, 1999). Letztere ermöglichen die Manipulation der Geräte und die Durchführung von Messungen ganz analog zu den Realexperimenten im Praktikum. Antworten auf die Fragen, Aufgabenlösungen, Messergebnisse und Schlussfolgerungen dazu sind in Eingabefeldern festzuhalten und werden nach der Bearbeitung von Praktikumsbetreuern überprüft. Die Bearbeitungszeit für ein Lernmodul ist nicht vorgegeben, sollte aber im Mittel die Zeit für die Durchführung eines Praktikumsversuches inklusive Vor- und Nachbereitungszeit nicht überschreiten.

Studiendesign

Im Rahmen der Studie haben Studierende beider Universitäten (PSU N=34; HHU N=45) das Lernmodul vor Beginn von Physikpraktikum und -vorlesung bearbeitet.

Vor Beginn der Bearbeitung wurden mittels eines Fragebogens die demographischen Daten, die physikalische Vorbildung, das Selbstkonzept Physik (nach Brell, 2004), der Umgang mit dem PC, die kognitiven Fähigkeiten (CFT gekürzt) sowie das fachliche Vorwissen erhoben.

Im Anschluss an diesen Vortest bearbeiteten die Studierenden selbständig das Lernmodul. Dazu stand ihnen ein Zeitraum von max. 11 Tagen (HHU) bzw. 28 Tagen (PSU) zur

Verfügung. Die Bearbeitungszeit von 28 Tagen an der PSU beinhaltete eine Woche für Klausuren und eine Woche vorlesungsfreie Zeit (Spring break), die 11 Tage an der HHU lagen am Ende der vorlesungsfreien Zeit.

Die Nacherhebung umfasste wieder den Wissenstest sowie einen Fragebogen zur Erfassung der Einstellung der Studierenden zum Lernmodul und zur Nutzung des Lernmoduls (vgl. Theyßen, 2006). Ergänzend stehen die Eingaben der Studierenden in der Lernumgebung zur Analyse zur Verfügung.

Erste Ergebnisse

Bearbeitungszeiten: Trotz der unterschiedlichen Zeiträume, die insgesamt für die Bearbeitung zur Verfügung standen, und der unterschiedlichen Randbedingungen, z.B. durch Klausuren, unterscheiden sich die tatsächlichen Bearbeitungszeiten in den beiden Gruppen nicht signifikant (HHU: (441 ± 160) min; PSU: (399 ± 144) min). Damit liegen Sie im Mittel bei dem angestrebten mittleren Zeitaufwand für einen Praktikumsversuch (zu Beginn des Praktikums). Die hohe Streuung weist auf eine starke Individualisierung der Bearbeitungsprozesse hin.

Demographische Daten: Signifikante Unterschiede zeigen sich bei der Altersverteilung. So sind die Studierenden der PSU mit im Mittel 25,2 Jahren signifikant älter als die der HHU (im Mittel 21,8 Jahre) und ihre Altersverteilung weist eine größere Breite auf. Weitere erhobene Daten (z.B. zu vorherigen Ausbildungen, Studiengängen und beruflichen Tätigkeiten) zeigen, dass die Unterschiede in den Altersverteilungen im Wesentlichen aus kulturellen Unterschieden in den Bildungsverläufen resultieren. Während deutsche Studierende meist nach der Schule anfangen zu studieren und wenn überhaupt ihren Studiengang nach sehr kurzer Zeit wechseln, haben amerikanische Studierende schon häufig in unterschiedlichen Berufen gearbeitet und entscheiden sich erst dann für ein Studium. Weiterhin haben sie viel öfter schon einen Abschluss in einem anderen Studienfach.

Selbstkonzept: Das Selbstkonzept bezüglich Physik wurde mit acht Items auf einer fünfstufigen Likert-Skala erhoben (vgl. Brell, 2008; $\alpha = 0,87$). Für die Auswertung wurde über die Items gemittelt. Die Verteilung der Selbsteinschätzungen ist in Abbildung 1 dargestellt. Die amerikanischen Studierenden schätzen Ihre Fähigkeiten in Physik hochsignifikant besser ein als die deutschen Studierenden (U-Test; $p = 0,006$).

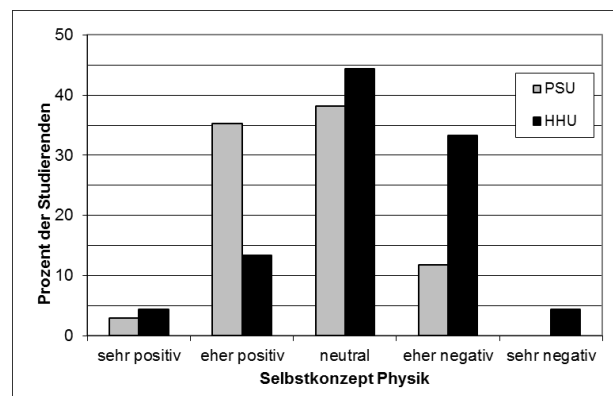


Abb. 1: Selbstkonzept der Studierenden bezüglich Physik

Vorwissen: Das Vorwissen wurde mit 28 Items ($\alpha = 0,65$) erfasst. Die Items beziehen sich zum Teil auf typische Fehlvorstellungen zur geometrischen Optik, Schulwissen (Brechung; Strahlengangkonstruktion) und zum Teil auf die geometrische Optik des Auges (vgl. Brell, 2004). Trotz des positiveren Selbstkonzeptes schneiden die amerikanischen Studierenden beim Vorwissen signifikant schlechter ab (t-Test, $p = 0,04$). Sie erreichen im Mittel

(9,4±0,4) Punkte (von 28 möglichen), die deutschen Studierenden im Mittel (11,5±0,5) Punkte. Beim CFT zeigen sich allerdings keine signifikanten Unterschiede. Die Unterschiede beim Vorwissen sind daher entweder auf unterschiedliche curriculare Validität der Vortestitems oder auf die unterschiedlichen Altersverteilungen zurückzuführen. Detailanalysen zu Einzelitems und Lernzuwächsen sollen hier weiteren Aufschluss geben.

Einstellungen zum Lernmodul: Die Einstellungen der Studierenden zum Lernmodul wurden auf einer fünfstufigen Likert-Skala abgefragt. Für eine Veranschaulichung der Ergebnisse wurden die Stufen der Likert-Skala in Zahlenwerte umgerechnet (0: trifft voll zu, 4: trifft gar nicht zu) und Mittelwerte gebildet. Abbildung 2 zeigt die Items, die Mittelwerte sowie die signifikanten Unterschiede (U-Test). Im Mittelwertvergleich zeigt sich eine differenzierte, aber durchweg positive Einstellung der Studierenden. Die amerikanischen Studierenden haben im Rahmen der Erprobung eine (teils signifikant) positivere Einstellung zu dem Lernmodul gewonnen.

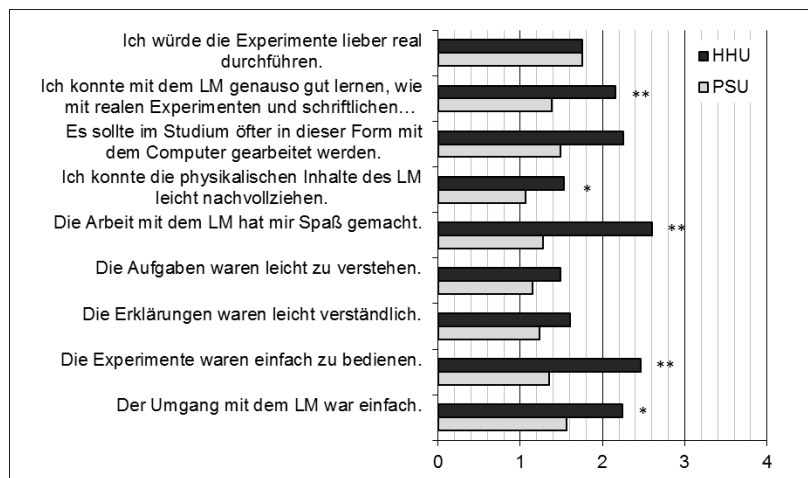


Abb. 2: Einstellungen der Studierenden zum Lernmodul (LM).

0: trifft voll zu, 4: trifft gar nicht zu, * signifikant ($p < 0,05$), ** hochsignifikant ($p < 0,001$).

Fazit und Ausblick

Die bisherigen deskriptiven Ergebnisse zeigen teils zu erwartende, teils überraschende Unterschiede zwischen den Studierendengruppen auf. Weitere Analysen, speziell zum Lernerfolg und zu Zusammenhängen zwischen dem Lernerfolg, den Einträgen in der Lernumgebung sowie den Bearbeitungsdauern stehen noch aus. Auch wie weit die überraschend positive Einstellung der amerikanischen Studierenden evtl. auf einen Neuigkeitseffekt zurückzuführen ist, soll durch den Vergleich mit weiteren Kohorten, für die das Online-Angebot ebenfalls neu ist, untersucht werden.

Literatur

- Brell, C. (2008). Lernmedien und Lernerfolg - reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht. Berlin: Logos
- Kirstein, J. (1999). „Interaktive Bildschirmexperimente; Technik und Didaktik einer neuartigen Methode zur multimedialen Abbildung physikalischer Experimente“. Dissertation TU Berlin
- Theyßen, H. (2003). Multimediaeinsatz in der Medizinerbildung In A. Pitton (Hrsg.), Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie. Münster: LIT-Verlag, 173-175
- Theyßen, H. (2006). Students' Attitudes Towards the Hypermedia Learning Environment "Physics for Medical Students". European Journal of Open, Distance and E-Learning 2006/I. (http://www.eurodl.org/materials/contrib/2006/Heike_Theyssen.htm; letzter Zugriff 21.09.2012)

Mira Laux¹
 Kornelia Möller¹
 Kim Lange²

¹Universität Münster
²Universität Augsburg

Schulstufenspezifische Unterschiede bzgl. der Implementierung von praktischen Aktivitäten im naturwissenschaftlichen Unterricht

Ausgangslage

Internationale Vergleichsstudien belegen für Deutschland, dass Schüler¹ der Primarstufe im Vergleich zu Schülern der Sekundarstufe bessere Leistungen im naturwissenschaftlichen Bereich erreichen und dass das Interesse der Schüler an Naturwissenschaften und am naturwissenschaftlichen Unterricht in der Primarstufe stärker ausgeprägt ist als in der Sekundarstufe (Krapp, 1998; Prenzel et al., 2003). Ob diese Unterschiede in den Outcomes zwischen den Schulstufen mit Unterschieden in der Unterrichtsgestaltung einhergehen, ist eine bislang offene Frage. Der Beantwortung dieser Frage soll sich im Rahmen des hier vorgestellten Dissertationsvorhabens angenähert werden.

Theoretischer Hintergrund

Im Sinne der Erreichung kognitiver und affektiver Zielkriterien wird international eine naturwissenschaftliche Grundbildung (*scientific literacy*) als ein Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts diskutiert. Als Gestaltungsmerkmal eines Unterrichts, der auf die Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ausgerichtet ist, wird auf einen „inquiry“-orientierten Unterricht verwiesen (NRC, 2000). Auf Ebene der Oberflächenstruktur kann ein solcher Unterricht durch die Implementierung von praktischen Aktivitäten gekennzeichnet werden, d.h. Unterrichtsaktivitäten, in denen die Schüler aktiv Materialien manipulieren oder beobachten. Damit praktische Aktivitäten das Lernen unterstützen können, ist nicht nur das Handeln, sondern auch die kognitive Aktivierung entscheidend (Minner, Levy & Century, 2010). Auf Ebene der Tiefenstruktur lässt sich ein „inquiry“-orientierter Unterricht, in Anlehnung an die Standards des amerikanischen NRC, durch wesentliche Merkmale naturwissenschaftlichen Forschens im Unterricht beschreiben: sich mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen beschäftigen, Priorität auf Evidenzen legen, Erklärungen formulieren, Erklärungen bewerten, Erklärungen kommunizieren und rechtfertigen (NRC, 2000).

Forschungsstand und Forschungslücke

Nationale Ergebnisse für die Primarstufe weisen darauf hin, dass Schülerexperimente weit verbreitet sind (Gais & Möller, 2006), wohingegen in der Sekundarstufe Demonstrationsexperimente weit verbreitet zu sein scheinen (Tesch & Duit, 2004). Als Gemeinsamkeit zeigt sich auf nationaler Ebene, dass Schüler in beiden Schulstufen nur selten Gelegenheit zur eigenständigen Planung von praktischen Aktivitäten haben (Martin, Mullis & Foy, 2008; Tesch, 2005). Internationale Studienergebnisse belegen für den Primarstufenunterricht in den USA, dass die wesentlichen Merkmale naturwissenschaftlichen Forschens im Unterricht implementiert werden, jedoch selten solche hinsichtlich des Konstruierens von Sinnzusammenhängen, z.B. in Form des Erklärens und Argumentierens (Forbes, Biggers & Zangori, im Druck). Für den Sekundarstufenunterricht konnte für Länder, in denen die Schüler im internationalen Vergleich sehr gute Leistungen erreichen, belegt werden, dass die Generierung und Auswertung sowie die Interpretation von Daten oder eines Phänomens die am häufigsten implementierten „inquiry“-orientierten Aktivitäten darstellen (Roth et al., 2006).

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die Verwendung der weiblichen Form verzichtet, es sind aber beide Geschlechter angesprochen.

Die vorgestellten Ergebnisse wurden jedoch mit Hilfe unterschiedlicher Instrumente für die Primar- und Sekundarstufe erhoben und basieren teilweise nicht auf Beobachtungen, sondern auf Schüler- bzw. Lehrerbefragungen. In Deutschland liegen zudem erst sehr wenige Ergebnisse zu einem „inquiry“-orientierten Unterricht vor. Daher erscheint ein systematischer Vergleich zwischen Primar- und Sekundarstufe in Deutschland zur Erfassung der Merkmale der Oberflächen- und Tiefenstruktur eines „inquiry“-orientierten Unterrichts sinnvoll.

Fragestellung

Ausgehend von der dargelegten Forschungslücke soll zunächst folgende Fragestellung untersucht werden:

Hinsichtlich welcher scientific inquiry-orientierten Unterrichtsmerkmale gibt es signifikante Unterschiede zwischen den Schulstufen und Schulformen?

Design und Methode

Die hier vorgestellte Untersuchung ist in das *PLUS*-Projekt eingebettet (NWU Essen, Arbeitsgruppe Münster/Essen). Im Rahmen des Projekts wurden Lehrpersonen aus NRW gebeten, eine Unterrichtsreihe zum Thema „Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser“ durchzuführen. Die erste Doppelstunde der Unterrichtsreihe wurde videografiert, sodass insgesamt 112 Videos in der vorliegenden Studie genutzt werden können, davon 60 Videos aus der Primarstufe, 27 aus der Hauptschule, 25 aus dem Gymnasium. Zur Analyse der Oberflächenstruktur des Unterrichts wird das in unserer Arbeitsgruppe entwickelte Instrument PACS (Practical Activity Category System) verwendet (in Anlehnung an Tesch, 2005). Das Instrument besteht aus den folgenden Facetten mit untergeordneten Kategorien:

Die Facetten
F1 – Phase der praktischen Arbeitsphase (Kategorien: keine; Vorbereitung; Aktivität; Nachbereitung; unklar)
F2 – Art der Beschäftigung (Kategorien: keine; inhaltlich; organisatorisch; unklar)
F3 – Unterrichtliche Arbeitsform (Kategorien: keine; Einzelarbeit; Gruppenarbeit; Plenum; gemischte Arbeitsformen; unklar)
F4 – Sitzordnung (Kategorien: keine; frontale Sitzordnung; Gruppentische; Stuhlkreis/Theaterkreis; gemischte Sitzordnung; unklar)
F5 – Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise (Kategorien: keine; Fragestellung; Hypothese; Planen; Durchführen; Beschreiben; Erklären, Kommunizieren und Argumentieren; unklar)
F6 – Experimentalform (Kategorien: keine; Demonstrationsexperiment Lehrer; Demonstrationsexperiment SuS; SuS-Experiment; unklar)
F7 – Arbeitsverteilung bei der Aktivität (Kategorien: keine; arbeitsgleich; zeitversetzt; arbeitsgleich; zeitlich parallel; arbeitsteilig; unklar)
F8 – Arbeitsmaterial (Kategorien: keine; Alltagsgegenstände; physikalische Geräte; Kombination aus Alltagsgegenständen und physikalischen Geräten; Simulation mit Computer; unklar)
F9 – Fachbezug (Kategorien: keine; fachbezogen; fächerübergreifend; unklar)

Tab. 1: Die Facetten und Kategorien des Instruments PACS

Die Kodierung erfolgt mit dem Programm Videograph in Form des Timesampling-Verfahrens (15 Sekunden-Slots). Die Reliabilität des Instruments wurde mit einer Doppelkodierung von 20% der Videos durch fünf Rater überprüft. Die guten bis sehr guten Übereinstimmungen weisen auf die Reliabilität des Instruments hin ($\kappa_{(\min)}=.609$, $\kappa_{(\max)}=1.0$, $\kappa_{(\text{mean})}=.825$).

Erste Ergebnisse

Es liegen erste Auswertungen zu den Facetten *Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise* und *Experimentalform* vor. In der Facette *Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise* zeigt sich, dass in der Sekundarstufe in einem signifikant größeren Anteil der Unterrichtszeit *keine* Denk- und Arbeitsweise eingebunden und dass in der Primar- im Vergleich zur Sekundarstufe und zur Hauptschule signifikant mehr Zeit für das *Durchführen*

praktischer Aktivitäten verwendet wird. In den anderen Kategorien haben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Schulstufen und -formen ergeben. Im Hinblick auf den bisherigen Forschungsstand zeigt sich, dass – in Übereinstimmung mit bisherigen Befunden – in beiden Schulstufen nur ein sehr geringer Zeitanteil des Unterrichts für das *Planen* aufgewendet wird. Darüber hinaus nimmt – in Übereinstimmung mit Befunden für die Primar- und in Kontrast zu solchen für die Sekundarstufe – das *Erklären, Kommunizieren und Argumentieren* in beiden Schulstufen ebenfalls nur einen sehr geringen Zeitanteil ein.

In der Facette *Experimentalform* zeigen sich signifikante Unterschiede in der Kategorie *keine*, wobei der nicht für Experimente aufgewendete Zeitanteil in der Sekundarstufe signifikant größer ist als in der Primarstufe. Zudem führen Schüler in der Primarstufe in signifikant höherem Zeitanteil Schülerexperimente durch als im Gymnasium und in der Hauptschule. In den anderen Kategorien zeigen sich keine signifikanten Unterschiede.

Ausblick

Die Ergebnisse geben Hinweise darauf, welche Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede hinsichtlich der Implementierung praktischer Aktivitäten zwischen den Schulstufen bestehen. Um detailliertere Aussagen machen zu können, sind weitere Analysen erforderlich, wie z.B. bzgl. typischer Kombinationen von Kategorien. Ebenfalls erforderlich ist die Analyse der Tiefenstruktur. Diese wird mit dem Instrument P-SOP^d (Practices of Science Observation Protocol and directedness) erfolgen, das von einer Forschergruppe aus Iowa (Forbes u.a., im Druck) adaptiert und erweitert wurde. Die Ergebnisse der Analysen mit beiden Instrumenten werden zudem mit im Rahmen des PLUS-Projekts erhobenen leistungsbezogenen und motivationalen Zielkriterien in Beziehung gesetzt, um der Frage nach dem Zusammenhang zwischen Unterrichtsmerkmalen und Outcomes nachzugehen.

Literatur

- Forbes, C. T., Biggers, M. & Zangori, L. (im Druck). Investigating Essential Characteristics of Scientific Practices in Elementary Science Learning Environments: The Practices of Science Observation Protocol (P-SOP). *School Science and Mathematics*.
- Gais, B. & Möller, K. (2006). Verstehen förderndes Lehrerhandeln im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht - eine Videostudie. In D. Cech, H.-J. Fischer, W. Giese-Holl, M. Knörzer & M. Schrenk (Hrsg.), *Bildungswert des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 211-226 (= Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, 16)
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 44, 185-201
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S. & Foy, P. (2008). TIMSS International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College
- Minner, D. D., Levy, A. J. & Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction – what is it and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 4 (47), 474-496
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: The National Academies Press
- 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. Schwippert, G. Walther & R. Valtin (Hrsg.), *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann, 143-187
- Roth, K.J., Druker, S.L., Garnier, H.E., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T., Rasmussen, D., Trubacova, S., Warvi, D., Okamoto, Y., Gonzales, P., Stigler, J. & Gallimore, R. (2006). *Teaching Science in Five Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study (NCES 2006-011)*. U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics. Washington, DC: U.S. Government Printing Office
- Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51-69

Clara Trinkl
 Hildegard Urban-Woldron
 Claudia Haagen-Schützenhöfer
 Martin Hopf

Universität Wien, AECC Physik

Blicke auf Lernprozesse zu Lichtausbreitung und Schatten beim Cross-Age-Peer-Tutoring

Theoretischer Hintergrund & Forschungsfragen

Empirische Untersuchungen von Schülervorstellungen in der Optik, die aus Alltagserfahrungen oder bereits vorangegangenen Unterricht stammen, zeigen, dass diese oft mit den wissenschaftlichen und im Unterricht auf der Sekundarstufe I zu lernenden physikalischen Konzepten nicht übereinstimmen (Blumör, 1993; Jung, 1986). So wird Licht mit Helligkeit, beleuchteten Flächen und Lichtquellen selbst gleichgesetzt und Schatten und Licht werden nicht direkt in Verbindung gebracht, d.h. Kinder sehen die Notwendigkeit von Licht für die Schattenentstehung nicht (Guesne, 1985; Jung, 1981; Murmann, 2002). Andererseits weisen aktuelle Studien darauf hin, dass Kinder im naturwissenschaftlichen Sachunterricht häufig unterschätzt und zu wenig kognitiv herausgefordert werden (Stern & Möller, 2004; Köster, 2006; Grygier, 2008).

In einem größeren Projekt, durchgeführt im Rahmen des Förderprogramms Sparkling Science, gefördert vom österreichischen Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, wird der Einfluss der Methode Cross-Age-Peer-Tutoring (Gaustad, 1993; Fogarty & Wang, 1982) auf die Lernprozesse der Tutoren und Tutees untersucht. Die hier berichtete Fallstudie entstand im Rahmen einer Diplomarbeit. Es wurde angenommen, dass Schülerinnen und Schüler in gemeinsamen Lernsituationen mit jeweils jüngeren Peers deren konzeptuelle Vorstellungen zu Licht und Schatten erforschen können und dabei selbst angeregt werden, ihre eigenen kognitiven Strukturen zu reflektieren und zu adaptieren. Die Interaktionen fanden zwischen Schülerinnen und Schülern einer achten Schulstufe und Grundschulkindern einer vierten Schulstufe statt. Im Besonderen wurde der Frage nachgegangen, ob sich Lernprozesse sowohl bei den Tutees als auch bei Tutorinnen und Tutoren identifizieren lassen und welche auch nicht-kognitiven Faktoren den Verlauf der Lernaktivitäten wesentlich beeinflussen.

Methodisches Vorgehen

Die Tutorinnen und Tutoren aus der 8. Jahrgangsstufe einer kooperativen Mittelschulklasse (13 Jungen, 12 Mädchen) wurden in Form eines etwa zweistündigen Mentorings auf die Herausforderung, Aufgabenstellungen mit Volksschulkindern (8 Jungen, 10 Mädchen) zum Thema Lichtausbreitung und Schatten zu bearbeiten, vorbereitet. Dabei hatten sie Gelegenheit, ihre eigenen Vorstellungen zu reflektieren sowie aus einem Angebot von Aufgabenstellungen auszuwählen und mit Hilfe entsprechender Gegenstände, wie z. B. Taschenlampen, Legofiguren und Schattenschildern, Experimente und Lernmaterialien für das spätere Tutoring zu entwickeln. Nach einer Gruppenarbeitsphase wurden im Plenum die „richtigen“ Lösungen der Aufgaben besprochen. Darüber hinaus wurden die zukünftigen Tutorinnen und Tutoren ermuntert, in der Interaktion mit den jüngeren Peers als Forscher/innen deren Vorstellungen zu erheben und bei den weiteren Erklärungen zu berücksichtigen. Im Rahmen des Mentorings wurden auch verschiedene Datenerhebungen mit Hilfe von Fragebögen durchgeführt: Vorwissen der Schüler/innen zu Lichtausbreitung und Schatten, Selbstwirksamkeitserwartung, aktuelle Motivation und Einstellung zum Lernen im Fach Physik.

Für die Untersuchung der Tutoring-Aktivitäten wurden jeweils 8 Schüler/innen aus der achten und aus der vierten Schulstufe nach spezifischen Gesichtspunkten ausgewählt und in drei Lerngruppen organisiert. Als Kriterium für die Zuordnung zu den einzelnen Lerngruppen wurde für die Sekundarstufen-Schüler/innen das Vorwissen aus dem Prätest, für die Grundschüler/innen die Einschätzung der Lehrkraft in Hinblick auf kognitive Fähigkeiten herangezogen. Es wurden folgende Kombinationen realisiert: (1) Tutoren/innen mit gutem Vorwissen/Tutees mit hohen kognitiven Fähigkeiten, (2) Tutoren/innen mit heterogenem Vorwissen/Tutees mit durchschnittlichen kognitiven Fähigkeiten und (3) Tutoren/innen mit heterogenem Vorwissen/Tutees mit sehr mäßigen kognitiven Aktivitäten. Insgesamt wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum von Oktober 2011 bis Mai 2012 mit den ausgewählten 16 Schülern/innen Interviews zu verschiedenen Zeitpunkten (vor dem Mentoring, nach dem Mentoring, vor dem Tutoring, nach dem Tutoring und sechs Wochen nach dem Tutoring) geführt und analysiert. Dabei wurden die Interviewleitfäden individuell gestaltet und laufend den aktuellen Entwicklungen der Vorstellungen der Lernenden angepasst. Bei Mentoring- und Tutoring-Aktivitäten wurden Videoaufnahmen einzelner Lerngruppen gemacht und mit Videograph ausgewertet. Im Sinne eines „mixed-methods-research“-Ansatzes wurden qualitative und quantitative Ergebnisse miteinander verknüpft, vor allem um diese wechselseitig zu überprüfen und weniger um diese wechselseitig zu ergänzen (Hammersley, 1996).

Ergebnisse

Die Analysen der Daten aus den Interviewreihen und den Videoaufnahmen erlauben eine Abbildung individueller Lernprozesse sowohl bei den Tutoren/innen als auch bei den Tutees. So konnte bei allen Tutoren/innen eine zumindest teilweise Adaptierung der ursprünglichen unwissenschaftlichen Vorstellungen hin zu wenigstens Vorstellungen mit wissenschaftlichen Teilaspekten festgestellt werden. Während Selbstwirksamkeitserwartung und Selbstbestimmungsindex der Tutorinnen und Tutoren in starkem Maße mit ihrem kognitiven Wissen im Bereich Optik korrelieren, zeigen auch Schülerinnen und Schüler mit Wissensdefiziten großes Interesse für die Aufgabenstellung und sehen diese in hohem Maße als besondere Herausforderung an. Ebenso gibt es einen positiven Zusammenhang zwischen dem Fachwissen und der Ernsthaftigkeit, mit der die Tutorinnen und Tutoren an die Aufgabe herangehen und sich auf die Lernsituationen mit den Kindern der Volksschule vorbereiten. In der Folge gelingt es Tutoren/innen mit geringem Vorwissen am wenigsten, die Vorstellungen ihrer Tutees zu erforschen und auf deren Fragen und Antworten adäquat einzugehen.

Für die untersuchte Stichprobe lassen sich Hinweise auf folgende Zusammenhänge ableiten:

- Je höher das Engagement der Tutorinnen und Tutoren ist, desto eher scheint es ihnen zu gelingen, bei ihren Tutees intensive kognitive Lernaktivitäten in Gang zu setzen.
- Durch die Fragen der Tutees könnten auch die Tutorinnen und Tutoren angeregt werden, sich mit ihren eigenen konzeptuellen Vorstellungen zu beschäftigen.
- Es entsteht der Eindruck, dass die Interaktion beim Tutoring das Engagement bei Tutoren/innen mit mangelndem Fachwissen fördert und die Adaptierung unwissenschaftlicher Vorstellungen unterstützt.
- Die zur Verfügung gestellten Aufgabenkärtchen mit Lösungen scheinen einen ungünstigen Einfluss auf produktive Lernprozesse bei allen Akteuren/innen zu haben. Es konnte beobachtet werden, dass sich die Schülerinnen und Schüler in der Rolle der Tutoren/innen schon beim Mentoring hauptsächlich nur auf die Fragen und deren zugeordnete Lösungen, die ihnen mit den Aufgabenkärtchen zur Verfügung gestellt wurden, konzentrierten und weder ihre eigenen Vorstellungen noch die möglichen Vorstellungen ihrer künftigen Tutees in den Blick nahmen beziehungsweise sich damit auseinandersetzten. In der Folge konnten dann auch im Tutoring kaum Interaktionen

identifiziert werden, die auf das Erforschen der Vorstellungen der Tutees und das Eingehen auf die Fragen der Tutees ausgerichtet waren.

- Es hat den Anschein, dass das Vorwissen der Tutoren/innen sowohl ihre motivationalen Einstellungen als auch ihre Handlungen in den gemeinsamen Lernsituationen mit den Tutees beeinflusst.

Zusammenfassung und Ausblick

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die durchgeführte Interviewserie sowohl Einstellungen als auch kognitive Lernaktivitäten der Tutoren/innen ganz wesentlich im positiven Sinne beeinflusst hat. Weitere Auswertungen der Daten aller Schüler/innen der beiden Projektklassen werden einen Beitrag zu dieser Vermutung leisten können. Ebenso sollte in weiterführenden Studien der Einfluss der den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung gestellten Aufgabenkärtchen und Lernmaterialien in Hinblick auf die Intensität der kognitiven Lernprozesse sowohl bei den Mentoring- wie auch bei den Tutoring-Aktivitäten noch differenzierter analysiert werden.

Literatur

- Blumör, R. (1993). Schülerverständnisse und Lernprozesse in der elementaren Optik: ein Beitrag zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts in der Grundschule. Naturwissenschaften im Unterricht. Bd. 19. Westarp Wissenschaften
- Fogarty, J. L. & Wang, M. C. (1982). An Investigation of the Cross-Age Peer Tutoring Process: Some Implications for Instructional Design and Motivation. *The Elementary School Journal*, 82 (5), Special Issue: Students in Classrooms, 450-469
- Gaustad, J. (1993). Peer and Cross-Age Peer Tutoring. *ERIC Digest* 79
- Grygier, P. (2008). Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver (Hrsg.), *Children's Ideas in Science*. 10-31
- Hammersley, M. (1996). The relationship between qualitative and quantitative research: Paradigm loyalty versus methodological eclecticism. In U. Flick (2006), *Qualitative Evaluationsforschung*. 15-18
- Hanel, P. (1991). Lernen durch Lehren oder Schüler übernehmen Lehrerfunktionen. *RL-Information*, 4, 31-34
- Harris, V. W. & Sherman, J. A. (1973). Effects of peer tutoring and consequences on the math performance of elementary classroom students. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 6, 587-597
- Jung, W. (1981). Erhebungen zu Schülervorstellungen in Optik (Sekundarstufe I). *physica didactica* 8, 137-153
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf (Hrsg.) (2007). *Schülervorstellungen in der Physik*. Aulis Verlag Deubner, 18-19
- Köster, H. (2006). *Freies Explorieren und Experimentieren – eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht*. Berlin: Logos-Verlag
- Murmann, L. (2004). Phänomene erschließen kann Physiklernen bedeuten. [www.widerstreit-sachunterricht.de/Ausgabe Nr. 3, 1-14 \(23.4.2012\)](http://www.widerstreit-sachunterricht.de/Ausgabe_Nr_3_1-14_23.4.2012)
- Stern, E. & Möller, K. (2004). Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichts. In D. Lenzen, J. Baumert, R. Watermann & U. Trautwein (Hrsg.), *PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung*. 25-36
- Trinkl, C. (2012). *Lernprozesse zum Thema Schatten und Lichtausbreitung: Eine qualitative Lernprozessstudie zum Cross-Age-Peer-Tutoring im Rahmen eines Sparkling Science Projektes*. Diplomarbeit Universität Wien, Österreichisches Kompetenzzentrum für Physikdidaktik

Effekte von Lernbegleitung auf den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess

Theoretischer Hintergrund

Problemlösen ist ein typisches Lernziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts (vgl. SDDS-Modell nach Klahr, 2000). Dazu gehören die Aspekte Problemgenerieren, Hypothesen entwickeln, Hypothesen testen und Auswerten von Ergebnissen (vgl. Oser & Baeriswyl 2001; Hamann, Phan & Bayrhuber, 2007).

Um Lernerfolge zu erzielen, müssen bestimmte Denk- und Handlungsschritte in spezifischer Reihenfolge durchlaufen werden (Oser & Baeriswyl, 2001). Allerdings haben Schülerinnen und Schüler beim selbstständigen Experimentieren große Probleme systematisch und strategisch vorzugehen (de Jong & van Joolingen, 1998). Das kann dazu führen, dass der Lernprozess unterbrochen wird (Wirth et al., 2008). Schülerinnen und Schüler können dann von adaptiver Lernbegleitung wie z.B. Strukturierung, kognitive Aktivierung, oder Motivierung profitieren (Littleton & Häkkinen, 1999; Kobarg & Seidel, 2007).

Lernbegleitung bezeichnet sämtliche Interaktionen der Lehrkraft mit den Schülerinnen und Schülern. Mit Scaffolding wird eine Lernbegleitung beschrieben, die es Schülerinnen und Schülern ermöglicht, Probleme oder Aufgaben zu lösen, die sie ohne Lernbegleitung nicht lösen könnten (vgl. Wood, Bruner & Ross, 1976). Reiser (2004) unterteilt Scaffolding in strukturierende Maßnahmen, welche die Komplexität durch zusätzliche Strukturierungen reduzieren und problematisierende Maßnahmen, welche die Schülerinnen und Schüler kognitiv aktivieren.

Dabei reicht es nicht aus, dass Lernbegleitung vorhanden ist, sie muss auch an die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler angepasst sein (Littleton & Häkkinen, 1999).

Forschungsfrage

Folglich ergibt sich die Forschungsfrage: Welche Art von Lernbegleitung hilft den Schülerinnen und Schülern, ihre Schwierigkeiten im naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess zu überwinden?

Die Beantwortung setzt voraus, dass zunächst der Zusammenhang zwischen der Lernbegleitung und der Veränderung des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses identifiziert wird.

Design der Studie

Für diese Studie wurde auf Grundlage des moderat-konstruktivistischen Lehr-Lern-Paradigmas ein experimentelles Lernarrangement mit 16 Lernaufgaben zum Thema „Das Fliegen“ für Schülerinnen und Schüler der dritten und vierten Jahrgangsstufe entwickelt. Diese Aufgaben sind nur wenig vorstrukturiert und bestehen aus einer Problemstellung, notwendigen Informationen und Materialien für ein Hands-on-Experiment. Folglich müssen die Schülerinnen und Schüler, während sie experimentieren, ihren Lernprozess selbst strukturieren, miteinander kommunizieren und falls notwendig die Lehrperson um Hilfe bitten.

Das Sample besteht aus Schülerinnen und Schülern aus 50 Klassen der dritten und vierten Jahrgangsstufe. Bei allen Lernenden wurde vor und nach dem Arbeiten mit dem Lernarrangement ein schriftlicher Test eingesetzt, um das Vorwissen und die Lernrate zu erheben. Je vier Dyaden pro Klasse wurden videografiert, während sie an Stationen des Lernarrangements arbeiten. Diese Videoaufnahmen werden mit Hilfe der Kategoriensysteme zur Analyse der Lernbegleitung und der Lernprozesse ausgewertet.

Instrumente

Kompetenztest „Fliegen“

Die 22 Items des Kompetenztest bestehen in Anlehnung an Hammann et al. (2007) und Hardy, Kleickmann, Koerber, et al. (2010) aus den Aufgabentypen *Umgang mit Fachwissen*, *Identifizieren wissenschaftlicher Hypothesen*, *Planen einer wissenschaftlichen Untersuchung* und *Nutzen wissenschaftlicher Ergebnisse*.

Die Pilotierung zur Feststellung der Testgütekriterien des Tests wurde bei Dritt- und Viertklässlern (N = 213) der Region Bodensee durchgeführt, die nicht Teil des Hauptsamples sind. Die Analyse des Tests ergibt zufriedenstellende Kennwerte (EAP/PV Reliabilität $\alpha = .76$). Alle Items zeigen einen zufriedenstellenden Item-Fit ($.9 < \text{MNSQ} < 1.1$, $T = 2$). Die mittlere Item-Schwierigkeit passt zum Mittel der Personen-Parameter. Die Validierung des Tests erfolgte über den zusätzlichen Einsatz des DEMAT 3+ (Roick, Gölitze & Hasselhorn, 2004), der Würzbürger Leise Lese Probe (Küspert & Schneider, 1998) sowie einen weiteren Physik-Leistungstest zu einem anderen Themenbereich (Aggregatzustände und ihre Übergänge, Fischer, Möller, Ewerhardy, et al., 2009). Dabei wurden partielle Korrelationen der zusätzlich erhobenen Tests mit dem entwickelten Leistungstest berechnet (Physiktest: $r = .35^{**}$, DEMAT 3: $r = .25^{**}$, WLLP: $r = .12$ n.s.; (** $p < .01$)).

Kategoriensystem „Lernprozess“

Das Kategoriensystem zur Analyse der Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler wird bei Heine & Kauertz (2013, in diesem Band) erläutert.

Kategoriensystem „Lernbegleitung“

Das Kategoriensystem „Lernbegleitung“ wurde von Wagner (2012) mit deduktiven und induktiven Schritten entwickelt und bezieht sich auf verschiedene fach- und allgemein-didaktische Kriterien der Lernbegleitung (Kleickmann, Vehmeyer & Möller, 2010; Kobarg & Seidel, 2007; Krammer, 2009, u.a.) sowie auf Tiefenstrukturen naturwissenschaftlicher Lernprozesse (Oser & Baeriswyl, 2001; Klahr, 2000).

Das Kategoriensystem besteht aus 17 Kategorien, die theoriegeleitet sechs Facetten (Kognitive Aktivierung, Strukturierungshilfen, Motivierung, Evaluation/Diagnose, Transmission, Klassenmanagement) zugeordnet werden können. Die Pilotierung ergab eine gute Interkoderreliabilität (Cohens $\kappa = .879$).

Auswertung

Das Ziel der kategorialen Auswertung ist es, Lernprozess-Diagramme zu erstellen. Durch diese Diagramme werden die Auswahl und die Abfolge der Prozesselemente des naturwissenschaftlichen Problemlösens sichtbar. Diese Struktur und ihre Änderung im Verlauf der Problemlösung kann mit idealen Prozessen aus der Literatur (z.B. Oser & Baeriswyl, 2001; Blum & Leiß, 2006) verglichen werden.

Eine erste explorative Analyse einzelner Videos zeigt, dass sich durchaus Veränderungen im Lernprozess im Zusammenhang mit Lernunterstützung erkennen lassen. So tauchen Prozesselemente zur Analyse von Evidenzen, wie z.B. Schlussfolgern, in dem unten stehenden Lernprozessdiagramm erst während bzw. nach der Lernbegleitung auf (vgl. Abb.1).

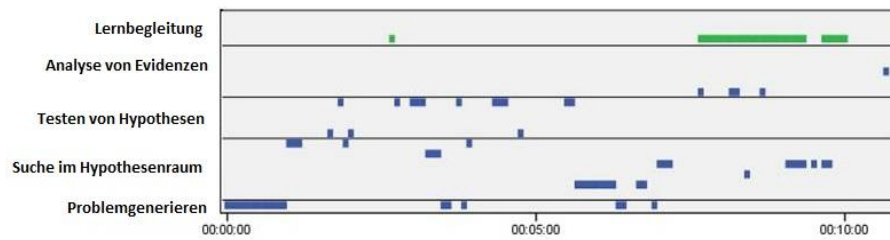


Abb. 1: Lernprozessdiagramm

Zusammen mit den erhobenen Daten der schriftlichen Tests werden in einem Strukturgleichungsmodell Zusammenhänge zwischen den Variablen (Lernunterstützung, Vorwissen, Veränderung der Strukturiertheit) analysiert.

Literatur

- de Jong, T., van Joolingen, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 75, 27-61
- Fischer, H.E., Möller K., Ewerhardy, A., Fricke, K., Kauertz, A., Kleickmann, T., Lange, K. & Ohle, A. (2009). Schülerleistungstest: Internes Papier der Forschergruppe Naturwissenschaftlicher Unterricht Essen. Essen.
- Hamann, M., Phan, T. H. & Bayrhuber, H. (2008). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 33-49
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K. & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking." *Journal of Educational Psychology*, 98 (2), 307-326
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science - The Cognition and Development of Discovery Processes*. Cambridge: The MIT Press
- Kleickmann, T., Vehmeyer, J. & Möller, K. (2010). Zusammenhänge zwischen Lehrervorstellungen und kognitivem Strukturieren im Unterricht am Beispiel von Scaffolding-Maßnahmen. *Unterrichtswissenschaft*, 38 (3), 210-228
- Kobarg, M. & Seidel, T. (2007). Prozessorientierte Lernbegleitung - Videoanalysen im Physikunterricht der Sekundarstufe I. *Unterrichtswissenschaft*, 35 (2), 148-168
- Krammer, K. (2009). *Individuelle Lernunterstützung in Schülerarbeitsphasen. Eine videobasierte Analyse des Unterstützungsverhaltens von Lehrpersonen im Mathematikunterricht*. Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann
- Küspert, P. & Schneider, W. (1998). *Würzburger Leise Leseprobe (WLLP)*. [Würzburg silent reading test] Handanweisung. Göttingen: Hogrefe
- Littleton, K. & Häkkinen, P. (1999). Learning together: Understanding the processes of computer-based collaborative learning. P. Dillenbourg (Hrsg.), *Collaborative learning. Cognitive and computational approaches*. 1. Aufl. Amsterdam, New York: Pergamon, 20-30
- Oser, F. K.; Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In: Virginia Richardson (Hrsg.), *Handbook of research on teaching*. 4. Aufl. Washington, D.C: American Educational Research Association, 1031-1065
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding Complex Learning: The Mechanisms of Structuring and Problematising Student Work. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 273-304
- Roick, T., Göllitz, D. & Hasselhorn, M. (2004). *DEMAT 3+*. Deutscher Mathematiktest für dritte Klassen. Göttingen: Beltz
- Wagner, S. (2012). *Pilotierung eines Kategoriensystems zum Thema „Lernbegleitung in einem Lernarrangement zum naturwissenschaftlichen Lernen“*. Unveröffentlichte Masterthesis an der Pädagogischen Hochschule Weingarten. Pädagogische Hochschule Weingarten, Weingarten
- Wood, D., Bruner, J. S. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17 (2), 89-100

Naturwissenschaftliche Problemlöseprozesse von Grundschulern

Hintergrund

Diese Studie ist Teil des internationalen Forschungsprojektes INTeB (Innovation naturwissenschaftlich- technischer Bildung von Grundschulern in der Region Bodensee) und untersucht die Einflüsse auf und Charakteristika von naturwissenschaftlichen Problemlöseprozessen bei Dritt- und Viertklässlern. Hierfür wurde ein Lernarrangement mit 16 Stationen zum Thema „Das Fliegen“ entwickelt. Die Aufgaben des Lernarrangements sind dabei nur gering vorstrukturiert. Jede Aufgabe gibt eine Problemstellung vor, die an der Station mit vorgegebenen Materialien und ausgewählten Hintergrundinformationen bearbeitet werden kann. Das Lernarrangement soll naturwissenschaftliche Problemlöseprozesse anregen und so naturwissenschaftliches Arbeiten fördern.

Die naturwissenschaftlichen Prozesse und Arbeitsweisen beziehen sich auf das „Scientific Inquiry“ Konzept, das als Teil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung als Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts angesehen wird (z.B. AAAS, 1990; Prenzel, Schöps, Rönnebeck et al., 2007). Die Aspekte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses werden aus Sicht der Problemlöseforschung auf Basis des SDDS-Modell (Scientific Discovery as Dual Search) nach Klahr (2000) beschrieben. Damit der Problemlöseprozess lernwirksam wird, muss der Prozess ausreichend strukturiert werden (Oser & Baeriswyl, 2001; Klahr, 2000). Die Strukturierung muss im Lernarrangement durch die Lernenden selbst vorgenommen werden. Die Lernprozesse gelten als optimal, wenn bestimmte Denk- und Handlungsschritte in spezifischer Reihenfolge durchlaufen werden (Oser & Baeriswyl, 2001).

Das Lernarrangement stellt ein Lernangebot im Sinne des Angebots-Nutzungs-Modells nach Helmke (2006) dar. Die Nutzung des Lernangebots hängt sowohl von kognitiven als auch von motivationalen Voraussetzungen bei den Lernenden ab (Helmke, 2006).

Dies führt zu den folgenden zwei Fragestellungen:

- Wie strukturieren Grundschüler den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess in einer gering vorstrukturierten, experimentellen Lernumgebung?
- Welche Auswirkungen haben die aktuelle Motivation, die naturwissenschaftlichen Kompetenzen und das naturwissenschaftliche Interesse auf die Strukturiertheit des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses?

Design

In der Feldstudie werden Videoanalysen und schriftliche Tests eingesetzt. Insgesamt arbeiten die Klassen sechs Unterrichtsstunden in Dyaden an den Stationen des Lernarrangements. Bei der Gesamtstichprobe von 50 Klassen ($N_{\text{Schüler}} = 1000$) werden zur Erhebung der naturwissenschaftlichen Kompetenzen, des Interesses an Naturwissenschaften und der aktuellen Motivation Fragebögen und schriftliche Tests eingesetzt. Eine Teilstichprobe (ca. 4 Dyaden pro Klasse; $n_{\text{Videos}} = 200$; $n_{\text{Schüler}} = 400$) wird während der Arbeit im Lernarrangement videografiert. Diese Videoaufnahmen werden anhand eines Kategoriensystems ausgewertet. Die Instrumente werden im Folgenden vorgestellt.

Instrumente

Kompetenztest „Fliegen“

Die 22 Items des Kompetenztests bestehen in Anlehnung an Hammann, Phan und Bayrhuber (2007) sowie Hardy, Kleickmann, Koerber et al. (2010) aus den Aufgabentypen *Umgang mit*

Fachwissen, Identifizieren wissenschaftlicher Hypothesen, Planen einer wissenschaftlichen Untersuchung und Nutzen wissenschaftlicher Ergebnisse. Die Ergebnisse der Pilotierung werden bei Trautmann und Kauertz (2013, in diesem Band) vorgestellt.

Fragebogen „Interesse und Motivation“

Der Fragebogen zur Erhebung des Interesses und der Motivation wurden weitgehend adaptiert und an passenden Stellen gekürzt. Hierfür wurden Fragebögen genutzt, die überwiegend bereits im Kontext der Grundschule und des Sachunterrichts entwickelt und erprobt wurden (vgl. Blumberg, 2008). Er besteht aus sieben Skalen (5 Items pro Skala): *Fachinteresse, Sachinteresse, Außerschulisches Sachinteresse, Themenspezifisches Interesse ‚Fliegen‘, Selbstbestimmte Motivation, Fremdbestimmte Motivation und Fähigkeitsselbstkonzept.* Die eigene Pilotierung bei $N = 161$ Schülerinnen und Schülern der dritten und vierten Klasse liefert akzeptable Kennwerte ($.64 < \alpha < .85$), die den Ergebnissen von Blumberg (2008) entsprechen.

Fragebogen „aktuelle Motivation“

Der Kurzfragebogen zur Erhebung der aktuellen Motivation wurde in Anlehnung an den FAM (Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation nach Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) und die FKS (Flow-Kurz-Skala nach Rheinberg, s. Vollmeyer & Engeser, 2003) entwickelt. Dieser entwickelte Fragebogen besteht nach der Pilotierung aus acht Items und wird während der Arbeit am Lernarrangement von den Schülerinnen und Schülern ausgefüllt. Die Pilotierung des Kurzfragebogens erfolgte in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Lernarrangement bei drei Klassen ebenfalls der dritten und vierten Jahrgangsstufe ($N = 65$). Die Kennwerte waren zufriedenstellend (Reliabilität $\alpha = .86$; Mittelwert $M = 2.76$, $SD = .26$). Um die Validität zu überprüfen, wurden die Schülerinnen und Schüler im Anschluss an das Arbeiten am Lernarrangement zur Autonomie, empfundenen Kompetenz und der sozialen Eingebundenheit („basic needs“) befragt. Unter der Annahme, dass die „basic needs“ notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für Motivation sind (Deci, Ryan & Williams, 1996), wurde die Korrelation der erhobenen Variablen „basic needs“ und „aktueller Motivation“ berechnet ($r = .56$) und als Kennzeichen ausreichender Validität interpretiert.

Kategoriensystem „Lernprozesse“

In je einer Doppelstunde werden Schülerinnen und Schüler paarweise videografiert. Diese Videoaufnahmen werden mit Hilfe eines hoch-inferenten Kategoriensystems ausgewertet. Das Kategoriensystem zur Analyse der Lernprozesse wurde in Anlehnung an das Scientific Discovery as Dual Search Modell (Klahr, 2000) und das allgemeine Problemlösen (Oser & Baeriswyl, 2001) entwickelt. Es besteht aus 5 Facetten (39 Codes): Prozesselemente des naturwissenschaftlichen Problemlösens, Anforderung Hilfe/ Äußerung Problem, Organisation, Off-Task und Rest. Das Kategoriensystem befindet sich in der Pilotierung und die aktuelle Interkoder-Reliabilität liegt bei $.60 \leq \kappa \leq .83$. Zur Validitätsprüfung werden die Lernprozess-Diagramme (vgl. Abb.1) und die Videos unabhängig voneinander durch Experten (Lehrkräfte und Fachdidaktiker) hinsichtlich der Strukturiertheit des Lernprozesses beurteilt. Anschließend werden die beiden Ratings für jedes Video verglichen. Eine hohe Korrelation zwischen den Ratings deutet auf Konstruktvalidität hin.

Auswertung

Das Ziel der kategorialen Auswertung ist es, Lernprozess-Diagramme (vgl. Abb. 1) zu erstellen, die den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess beschreiben. Durch diese Diagramme werden die Auswahl und die Abfolge der Prozesselemente des naturwissenschaftlichen Problemlösens sichtbar. Die dadurch sichtbar werdende Struktur kann mit idealen Prozessen aus der Literatur (z.B. Oser & Baeriswyl, 2001; Blum & Leiß, 2006) verglichen werden. Der Vergleich liefert dann ein Maß für die Strukturiertheit des Lernprozesses.

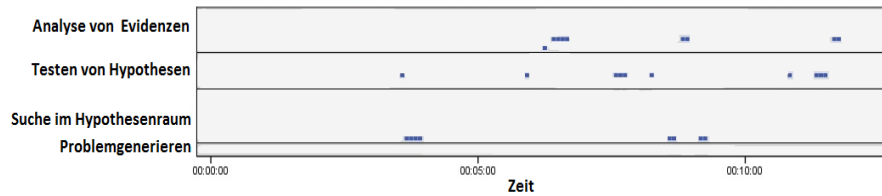


Abb. 1: Beispiel Lernprozess-Diagramm

Die Strukturiertheit des Lernprozesses geht zusammen mit den erhobenen Daten der schriftlichen Tests in ein Strukturgleichungsmodell ein. Damit sollen Zusammenhänge zwischen den Variablen Vorwissen, Lernzuwachs, Interesse, Passung zwischen Anforderung und Schülerfähigkeit, Geschlecht, aktuelle Motivation und Strukturiertheit des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses untersucht werden.

Erste Ergebnisse bei einer kleinen Teilstichprobe ($n = 16$ Schüler) zeigen, dass es einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler und der Strukturiertheit der naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesse ($r = .44$) gibt.

Die Ergebnisse dieser Studie bieten einen Optimierungsvorschlag der Lernprozesse zur Erhöhung des Lernerfolgs beim naturwissenschaftlichen Arbeiten.

Literatur

- American Association for the Advancement of Science (1990). Science for all Americans, New York: Oxford University Press
- Blumberg, E. (2008). Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule. Dissertationsschrift. Westfälische Wilhelms-Universität. Münster
- Leiß, D. & Blum, W. (2006). Beschreibung zentraler mathematischer Kompetenzen. In W. Blum, C. Drüke-Noe, R. Hartung & O. Köller (Hrsg.), Bildungsstandards Mathematik: konkret. Berlin: Cornelsen Scriptor, 33-50
- Deci, E., Ryan, R. & Williams, G. (1996). Need Satisfaction and the Self-Regulation of Learning. Learning and Individual Differences, 8 (3), 165-183
- Hammann, M., Phan, T. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen zu messen?. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, special issue 8 (10), 33-49
- Hardy, I., Kleickmann, T., Koerber, S., Mayer, D., Möller, K., Pollmeier, J., Schwippert, K. & Sodian, S. (2010). Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter. Zeitschrift für Pädagogik, 56. Beiheft, 115-124
- Klahr, D. (2000). Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes. Cambridge, MA: MIT Press
- Oser, F. & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of teachings. Bridging Instruktion to Learning. In V. Richardson (Hrsg.), Handbook of Research on Teaching. 4. Aufl. Washington: American Educational Research Association, 1031-1065
- Prenzel, M., Schöps, K., Rönnebeck, S., Senkbeil, M., Walter, O., Carstensen, C.H. & Hammann, M. (2007). Naturwissenschaftliche Kompetenz im internationalen Vergleich. In M. Prenzel, C. Artelt, J. Baumert, W. Blum, M. Hammann, E. Klieme & R. Pekrun (Hrsg.), PISA 2006 – Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie. Münster: Waxmann, 63-105
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B.D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. Diagnostica, 2, 57-66
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Engeser, S. (2003). Die Erfassung des Flow-Erlebens. In J. Stiensmeier-Pelster & F. Rheinberg (Hrsg.), Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept (Tests und Trends N.F. Bd.2). Göttingen: Hogrefe, 261-279
- Trautmann, A. & Kauertz, A. (2013). Effekte von Lernbegleitung auf den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 672 - 674). Kiel: IPN.

Dialogisches Lernen in den Naturwissenschaften mit Grundschulkindern

Einleitung

Seit dem Schuljahr 2004/5 wird an Berliner Grundschulen in den Jahrgangsstufen 5/6 das Unterrichtsfach Naturwissenschaften als integriertes Fach unterrichtet. Der Rahmenlehrplan für dieses Unterrichtsfach weist zahlreiche anspruchsvolle prozess- und inhaltsbezogene Standards auf, die von den Schülerinnen und Schülern am Ende der Jahrgangsstufe 6 erworben sein sollen und die vor allem den naturwissenschaftsbezogenen Kompetenzbereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung und Kommunikation zuzuordnen sind (SenBJS, o.J.; KMK, 2007). Ausgehend von der Frage, welche Unterrichtskonzepte geeignet sind, um Schülerinnen und Schülern die notwendigen Rahmenbedingungen für Entwicklungsmöglichkeiten in diesen Kompetenzbereichen zu bieten, fiel unser Augenmerk auf das von Ruf und Gallin entwickelte Unterrichtskonzept des Dialogischen Lernens (Ruf & Gallin, 2011a; 2011b). Aus unserer Sicht bietet dieses Konzept die Chance, Einblicke in die Vorstellungen, das Vorwissen und die Interessen von Schülerinnen und Schülern zu gewinnen und diese als Ausgangspunkte für weitere Lernprozesse, insbesondere in den Kompetenzbereichen der Erkenntnisgewinnung und Kommunikation, zu nutzen.

Das Konzept des Dialogischen Lernens

Das von Ruf und Gallin entwickelte Unterrichtskonzept des *Dialogischen Lernens* dient der Optimierung des Zusammenspiels von Lernangeboten und deren Nutzung durch Lernende (Ruf & Gallin, 2011a; 2011b). Ausgehend von einer „Kernidee“ sind Schülerinnen und Schüler im Zuge des Dialogischen Lernens zunächst aufgefordert, ihre Gedanken und Ideen zu einem „Offenen Auftrag“ schriftlich zu formulieren (siehe Abb. 1). Die Gedanken und konzeptuellen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler dienen anschließend als Grundlage für weiterführende Dialoge. Diese schriftlich geführten Dialoge können sowohl zwischen der Lehrperson und den Schüler/-innen als auch zwischen den Schüler/-innen der Lerngruppe stattfinden. Anhand dieser Dialoge, die in Lernjournalen dokumentiert werden, gewinnen Lehrende einen Einblick in die Vorstellungen, Interessen und Lernprozesse ihrer Schülerinnen und Schüler. Gleichzeitig profitieren die Lernenden von wertschätzenden Rückmeldungen der Mitschüler/-innen und ihrer Lehrperson sowie vom Aufgreifen ihrer Ideen im weiteren Unterrichtsverlauf.

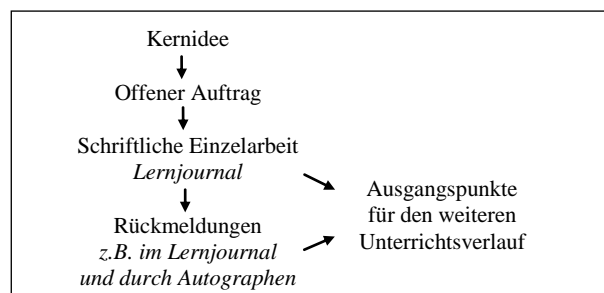


Abb. 1: Ablauf und Instrumente des Dialogischen Lernens
(in Anlehnung an Gallin, 2008; Ruf, 2008)

Forschungsprojekt

Ausgangspunkt und Ziele

Das Dialogische Lernen wurde ursprünglich für den Deutsch- und Mathematikunterricht entwickelt und ist inzwischen auch im Fremdsprachenunterricht erprobt (Ruf & Gallin 2011a; 2011b; Ruf, Keller & Winter, 2008). Bislang liegen aber nur wenige Erfahrungen mit diesem Konzept aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht vor. In unserem Forschungsprojekt gehen wir daher der Frage nach, inwieweit sich das Konzept des Dialogischen Lernens eignet, um das Lernen naturwissenschaftlicher Sachverhalte zu optimieren. Neben der Entwicklung geeigneter Unterrichtssequenzen untersuchen wir insbesondere die Wirksamkeit und Akzeptanz dieses Unterrichtskonzepts im Hinblick auf die Lernenden.

Umsetzung des Konzepts des Dialogischen Lernens

Seit September 2011 erproben wir die Umsetzung des Dialogischen Lernens in naturwissenschaftlichen Lernumgebungen mit Grundschulkindern der Jahrgangsstufen 4-6 am außerschulischen Lernort „KieWi & Co.“ (Streller, 2009; Streller & Bolte, 2008) der Didaktik der Chemie der Freien Universität Berlin.

Neben der Entwicklung geeigneter Unterrichtssequenzen bildet die wissenschaftliche Begleitung der Umsetzung des Konzepts des Dialogischen Lernens im Rahmen des Lernangebots „KieWi & Co.“ einen weiteren Schwerpunkt innerhalb unseres Forschungsprojekts. Insbesondere sollen die Rekonstruktion und die Förderung von Lernprozessen in den naturwissenschaftsbezogenen Kompetenzbereichen der Erkenntnisgewinnung und der Kommunikation im Vordergrund stehen. Zur Untersuchung dieser Forschungsaspekte werden wir verschiedene Untersuchungsmethoden einsetzen, u.a. die Inhaltsanalyse von Lernjournalen, die Analyse von ausgewählten kursbegleitenden Videosequenzen und die Auswertung von Interviews mit Kindern unserer Interventionsgruppe. Weiterhin werden wir kursbegleitend einen Fragebogen einsetzen (Bolte, 1996; Bolte, 2004a; 2004b; Streller, 2009), um Effekte der Intervention auf das motivationale Lernklima in den „KieWi & Co.“-Kursen und auf das naturwissenschaftsbezogene Selbstkonzept auf Seiten der an den Kursen teilnehmenden Kinder zu untersuchen.

Erste Erfahrungen im Rahmen der Umsetzung des Konzepts

Im vergangenen Schuljahr 2011/12 wurden im Rahmen des skizzierten Forschungsprojekts zunächst verschiedene Unterrichtssequenzen im Kontext des Dialogischen Lernens entwickelt und im Rahmen der „KieWi & Co.“-Kurse erprobt. Dabei wurden vor allem Aspekte berücksichtigt, die in den Themenfeldern „Umgang mit Stoffen im Alltag“ und „Sonne, Wetter, Jahreszeiten“ des Rahmenlehrplans der Berliner Grundschulen für das Fach Naturwissenschaften der Jahrgangsstufen 5/6 eingefordert werden (z.B. Stoffeigenschaften, Verfahren zur Trennung von Stoffgemischen, Zusammensetzung und Eigenschaften der Luft). Die Lernjournale, die während dieser Erprobungsphase von den teilnehmenden Grundschulkindern erarbeitet wurden, dokumentieren eine beeindruckende Vielfalt naturwissenschaftsbezogener (Pre-)Konzepte und Problemlösungsstrategien. Erste Inhaltsanalysen der Lernjournale zeigen, dass sowohl in den schriftlichen Bearbeitungen der offenen Aufträge als auch in den schriftlich geführten Dialogen Aspekte der verschiedenen naturwissenschaftsbezogenen Kompetenzbereiche identifizierbar sind:

- Fachwissen: Einblicke in Wissen und Vorstellungen der Kinder zu den jeweiligen Inhaltsfeldern
- Erkenntnisgewinnung: Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten zu problemorientierten Aufgabenstellungen
- Kommunikation: naturwissenschaftliches Begründen und Argumentieren.

Ausblick

Im laufenden Schuljahr 2012/13 setzen wir die Adaptierung und Entwicklung von Unterrichtssequenzen zum Dialogischen Lernen fort und untersuchen diese zunächst am außerschulischen Lernort „KieWi & Co.“ auf ihre Eignung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In diesem Zusammenhang ist eine systematische Datenerhebung in den „KieWi & Co.“-Kursen geplant (Lernjournale, Videosequenzen, Interviews, Fragebögen).

In Kooperation mit interessierten Lehrerinnen und Lehrern wird darüber hinaus die Umsetzung des Dialogischen Lernens im Fach Naturwissenschaften der Jahrgangsstufen 5/6 an Grundschulen in Berlin und Brandenburg erprobt.

Sollte sich die Umsetzung des Konzepts des Dialogischen Lernens im naturwissenschaftlichen Bereich als lernmotivierend und lernfördernd erweisen, so streben wir an, dieses Konzept auch für die universitäre Ausbildung von Lehramtsstudierenden mit einem naturwissenschaftlichen Fach nutzbar zu machen.

Danksagung

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird von der Deutschen Telekom Stiftung im Rahmen ihres Projekts „Hochschulwettbewerb MINT-Lehrerbildung“ gefördert.

Literatur

- Bolte, C. (1996). Entwicklung und Einsatz von Erhebungsinstrumenten zur Analyse der Schüler-Lehrer-Interaktion im Chemieunterricht - Ergebnisse aus empirischen Studien zum Interaktionsgeschehen und Lernklima im Chemieunterricht. Kiel: IPN Kiel Schriftenreihe
- Bolte, C. (2004a). Motivation und Lernerfolg im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. PdN-ChiS, 2/53, 2-5
- Bolte, C. (2004b): Motivationale Lernklima im Chemieunterricht an Realschulen und Gymnasien. PdN-ChiS, 7/53, 33-37
- Gallin, P. (2008). Den Unterricht dialogisch gestalten – neun Arbeitsweisen und einige Tipps. In U. Ruf, S. Keller & F. Winter (Hrsg.), Besser lernen im Dialog. Dialogisches Lernen in der Unterrichtspraxis. 96-108
- KMK (2007). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Bildungsabschluss. Beschluss vom 16.12.2004.
- Ruf, U. (2008). Das Dialogische Lernmodell vor dem Hintergrund wissenschaftlicher Theorien und Befunde. In U. Ruf, S. Keller & F. Winter (Hrsg.), Besser lernen im Dialog. Dialogisches Lernen in der Unterrichtspraxis. 233-270
- Ruf, U. & Gallin, P. (2011a). Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik. Band 1: Austausch unter Ungleichen. Grundzüge einer interaktiven und fächerübergreifenden Didaktik. 4. Aufl. Seelze-Velber
- Ruf, U. & Gallin, P. (2011b). Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik. Band 2: Spuren legen – Spuren lesen. Unterricht mit Kernideen und Reisetagebüchern. 4. Aufl. Seelze-Velber
- Ruf, U., Keller, S. & Winter, F. (Hrsg.) (2008). Besser lernen im Dialog. Dialogisches Lernen in der Unterrichtspraxis. Seelze-Velber
- SenBJS (Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin) (o.J.). Rahmenplan Grundschule Naturwissenschaften. http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-bildung/schulorganisation/lehrplaene/gr_natur.pdf?start&ts=1157974605&file=gr_natur.pdf (Zugriff 14.10.12, 12:40).
- Streller, S. (2009). Förderung von Interesse an Naturwissenschaften. Eine empirische Untersuchung zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Interessen von Grundschulkindern im Rahmen eines außerschulischen Lernangebots. Frankfurt
- Streller, S. & Bolte, C. (2008). Förderung des Interesses von Kindern an Naturwissenschaften. In D. Giest & J. Wiesemann (Hrsg.), Kind und Wissenschaft. Welches Wissenschaftsverständnis hat der Sachunterricht? Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 97-108

Antje Heine
 Meike Willeke
 Jessie Best
 Gesche Pospiech

TU Dresden

Vom Sachunterricht zum Fachunterricht

Problemstellung

Der Übergang von der Grundschule zur weiterführenden Schule stellt für viele Kinder eine Herausforderung in ihrer Entwicklung dar, weil damit häufig Diskontinuitäten im Lebenslauf verbunden sind. Um die sogenannte Scientific Literacy (naturwissenschaftliche Grundbildung) bestmöglich zu entwickeln, bedarf es einer Kompetenzentwicklung ohne Brüche, was wiederum eine Anschlussfähigkeit der naturwissenschaftlichen Fächer an den weiterführenden Schulen als Voraussetzung hat. Im Sinne eines kumulativen Wissensaufbaus sollte an Erfahrungen und Kompetenzen des Sachunterrichts angeknüpft und so ein möglichst sanfter Übergang geschaffen werden. Jedoch kommt es durch den Schulwechsel zu einer Veränderung des Unterrichtsstils und der Lernkultur (Hempel, 2010; Möller, 2010). Die Problematik zeigt sich ebenso über die Landesgrenzen hinaus: auch das Schulsystem in England steht trotz einer längeren Grundschulzeit und integriertem Unterricht in den Naturwissenschaften vor ähnlichen Herausforderungen wie die Pädagogen und Didaktiker in Deutschland (Braund & Driver, 2005).

Ziele

Das Ziel dieser im Folgenden vorgestellten Untersuchung ist die Charakterisierung des Übergangs vom Sachunterricht der Grundschule zum Fachunterricht an den weiterführenden Schulen. Mit Hilfe empirischer Erhebungen sollen Aussagen zur Entwicklung des Interesses sowie des Selbstkonzeptes der SchülerInnen in den MINT-Fächern im Verlauf von Klassenstufe vier bis sechs getroffen werden. Ebenso wird der Frage nachgegangen, inwieweit Zusammenhänge zur Unterrichtsgestaltung bestehen. Die Arbeit gliedert sich in das EU-Forschungsprojekt SECURE ein, durch welches das Interesse an den MINT-Fächern nachhaltig gesteigert und so dem Mangel an naturwissenschaftlichen Arbeitskräften entgegen gewirkt werden soll.

Forschungsfragen

In der Untersuchung werden unter anderem folgende Forschungsfragen bearbeitet:

- Wie verändert sich das Interesse der SchülerInnen an den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern von der vierten bis zur sechsten Klassenstufe?
- Worin unterscheidet sich die Unterrichtsgestaltung zwischen der Primar- und Sekundarstufe in den MINT-Fächern?
- Inwieweit verändert sich das Fähigkeitsselfkonzept der Schülerschaft in Mathematik und den Naturwissenschaften beim Übergang von der Grundschule zur weiterführenden Schule?

Methoden

Das Untersuchungsdesign umfasst sowohl quantitative als auch qualitative Methoden. Es wurden schriftliche sowie mündliche Befragungen mit SchülerInnen und Lehrkräften durchgeführt. Den Schülerfragebogen bearbeiteten insgesamt 658 Kinder und Jugendliche der Jahrgangsstufe vier bis sechs; interviewt wurden 74 Mädchen und Jungen dieses Alters. Die Stichprobengröße der LehrerInnen ist deutlich geringer. An der schriftlichen Befragung nahmen 33 Lehrkräfte teil; zur mündlichen Befragung erklärten sich drei Lehrende bereit.

Ergebnisse

Interesse. Der hypothetisch angenommene Rückgang des Interesses an den MINT-Fächern beim Übergang von der Grundschule zur weiterführenden Schule kann anhand der

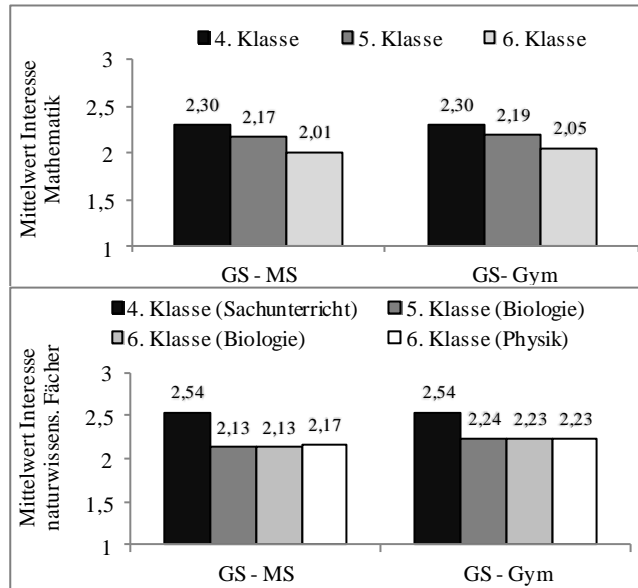


Abb. 1: Interessenmittelwerte für Mathematik und naturwissenschaftliche Fächer von Klasse 4 bis 6 für Grundschule (GS), Mittelschule (MS) und Gymnasium

dargestellten Ergebnisse bestätigt werden. Das Interesse an Mathematik und Sachunterricht in der Grundschule ist höher als in den entsprechenden Fächern an den weiterführenden Schulen. Diese Aussage kann jedoch weiter spezifiziert werden. Der Interessenrückgang in den naturwissenschaftlichen Fächern ist beim Schulübergang stärker ausgeprägt als in Mathematik (s. Abb. 1).

Gendereffekte. Es zeigen sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede im Interesse an Mathematik und Sachunterricht im Grundschulalter. In der Sekundarstufe treten allerdings Gendereffekte im Interesse an den

MINT-Fächern auf. Jungen haben ein signifikant höheres Interesse an Mathematik und Physik. Die Unterschiede werden von der fünften zur sechsten Klasse noch größer und sind in Physik am stärksten ausgeprägt. In Biologie bestehen zwar keine Interessenunterschiede zwischen Mädchen und Jungen, allerdings besitzen die Schülerinnen in der fünften Klasse ein signifikant positiveres Fähigkeitsselbstkonzept als die Schüler. Dieser Geschlechtereffekt tritt jedoch in der sechsten Klasse bereits nicht mehr auf. Insgesamt sind die genderspezifischen Unterschiede am Gymnasium im Vergleich zur Mittelschule größer.

Unterrichtsgestaltung. Die Ergebnisse der Schülerbefragung weisen darauf hin, dass die Unterschiede in der Unterrichtsgestaltung zwischen Grund- und weiterführender Schule in den naturwissenschaftlichen Fächern ausgeprägter sind als in Mathematik. Dies äußert sich zum Beispiel in der Häufigkeit von Gruppen- und Einzelarbeit oder auch für die Durchführung von Exkursionen sowie die Erweiterung um Lernorte außerhalb des Schulgebäudes. Die Anteile am Unterricht für Gruppen- und Einzelarbeit nehmen sowohl in Mathematik als auch in den naturwissenschaftlichen Fächern ab, allerdings ist der Unterschied bei letzteren deutlich größer. Noch offensichtlicher äußert sich diese Tatsache bei der Durchführung von Exkursionen und dem Verlassen des Schulgebäudes für Projekte oder Experimente. Hinsichtlich dieser Aspekte besteht eine sehr große Differenz zwischen der Unterrichtsgestaltung in den Grund- und jener in den weiterführenden Schulen, vor allem bei dem Vergleich zwischen Sachunterricht und Biologie beziehungsweise Physik.

Fähigkeitsselbstkonzept. Eine Abnahme des bereichsspezifischen Fähigkeitsselbstkonzeptes mit dem Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe konnte nur für die naturwissenschaftlichen Fächer nachgewiesen werden. In Mathematik verschlechtert sich

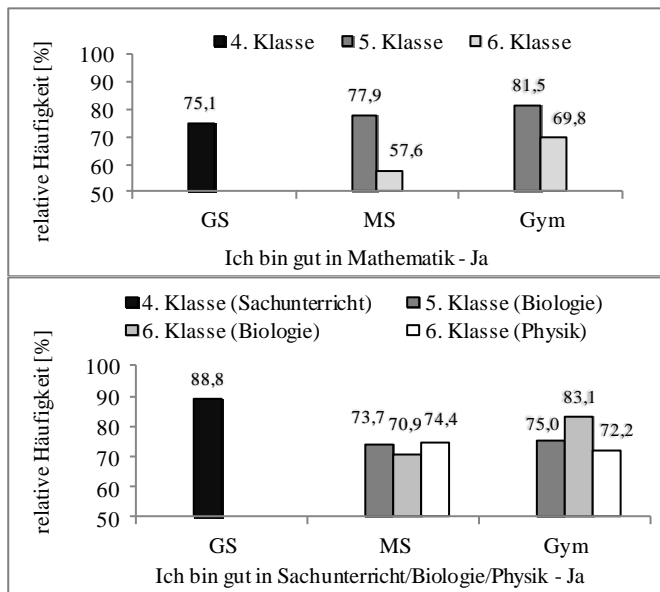


Abb. 2: relative Häufigkeit für die Zustimmung des Items: „Ich bin gut in ...“ für alle untersuchten Schularten und Klassenstufen

das akademische Selbstkonzept der SchülerInnen erst in der sechsten Jahrgangsstufe (s. Abb. 2). Es bestätigte sich ebenso der Zusammenhang zwischen dem fachspezifischen Selbstkonzept und dem Interesse von SchülerInnen. Darüber hinaus wurde eine Zunahme der Korrelation zwischen dem Fähigkeitsselbstkonzept und dem Interesse am Unterrichtsfach mit steigender Klassenstufe festgestellt.

Ausblick

Der Fokus der vorliegenden Arbeit lag, wie man auch an den Stichprobengrößen erkennen kann, auf einer Analyse der Schülerschaft. Allerdings sollten in nachfolgenden Untersuchungen die Lehrpersonen stärker ins Zentrum der Beobachtung rücken, da anhand der offenen Fragenformate deutlich wurde, dass der Lehrer oder die Lehrerin einen entscheidenden Faktor für die Attraktivität des Unterrichts darstellt. Anhand der hier gewonnenen und bereits vorhandenen Erkenntnisse könnte ein Leitfaden für Lehrkräfte der Orientierungsstufe (Klasse 5/6) entwickelt werden. Er sollte aus speziellen Handlungsanweisungen und Hilfen bestehen, die verdeutlichen, wie der naturwissenschaftliche Unterricht konzipiert sein müsste, um den Bruch in der Lernkultur möglichst gering zu halten. Dieses Lehrerhandbuch sollte vor allem zahlreiche methodische Hinweise für die Unterrichtsgestaltung beinhalten, aber auch Vorschläge für die Integration außerschulischer Lernorte und dessen Eingliederung in den thematischen Verlauf berücksichtigen. Denkbar wäre es, Lehrerfortbildungen zur ‚neuen‘ Unterrichtskultur zu konzipieren und zu evaluieren, bei denen der Leitfaden als Zusammenfassung und Hilfestellung (inklusive anwendbarer Materialien) genutzt wird.

Literatur

- Braund, M. & Driver, M. (2005). Pupils' perceptions of practical science in primary and secondary school: implications for improving progression and continuity of learning. *Educational Research*, 47 (1), 77-91
- Hempel, M. (2010). Naturwissenschaftlich-technische Interessen und Kompetenzen von Mädchen beim Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe. *Vector. Das Veichtaer Forschungsmagazin*, 2 (2), 36-39
- Möller, K. (2010). Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang. In A. a Campo & G. Graube (Hrsg.), *Übergänge gestalten. Naturwissenschaftliche und technische Bildung am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe*. Düsseldorf: VDI, 15-35

Forschendes Lernen im Schülerlabor Raumzeitwerkstatt

Das Ziel: Relativitätstheorie vermitteln

Das Schülerlabor Raumzeitwerkstatt des Instituts für Physik der Universität Hildesheim wurde im Jahr 2009 eingerichtet. Sein Ziel ist es, Schülerinnen und Schülern die Grundlagen der Relativitätstheorie zu vermitteln. Die Veranstaltungen richten sich an die Jahrgangsstufen 9 bis 13 und setzen keine speziellen Vorkenntnisse voraus. Das Angebot umfasst derzeit Experimentierstationen zu den Themen

- „Was ist relativ?“ (Bezugssysteme, absolute und relative Aussagen)
- Raum und Zeit (Grundgedanken der Speziellen Relativitätstheorie, insbesondere Zeitdilatation und Längenkontraktion)
- Fast lichtschnelle Flüge (Interaktiver Flugsimulator, der Flüge mit nahezu Lichtgeschwindigkeit simuliert)
- Schwerelosigkeit (Experimente zum freien Fall)
- Äquivalenzprinzip (Gedankenexperimente zu Lichtablenkung und Gravitationsrotverschiebung)
- Lichtablenkung an Schwarzen Löchern (Interaktive Computersimulationen zur Lichtablenkung, „Zeichenmaschine“ zur Wirkung von Gravitationslinsen)

sowie Workshops zu Grundkonzepten der Allgemeinen Relativitätstheorie (s. den Beitrag von Zahn & Kraus, 2013, in diesem Band).

Unser Anspruch ist es, Zugänge zu diesen Themen zu bieten, die für die Sekundarstufe geeignet sind, dabei aber fachlich so fundiert, dass sie auch anschlussfähig an die Standarddarstellung in Hochschullehrbüchern sind. Die Simulationen und Modelle, die in der Raumzeitwerkstatt eingesetzt werden, entstehen in der Arbeitsgruppe Physikdidaktik am Institut für Physik der Universität Hildesheim.

Ablauf eines Besuchs im Schülerlabor

Eine Veranstaltung in der Raumzeitwerkstatt dauert in der Regel vier Stunden, in denen jeder Teilnehmer zwei Stationen nach Wahl durchläuft. Die Teilnehmer werden in Kleingruppen von vier bis acht Personen aufgeteilt, die von Lehramtsstudierenden im Masterstudium betreut werden. An den Stationen wird mit Realexperimenten, Computersimulationen, Modellen und Filmen gearbeitet. Selbst gebaute kleine Modelle oder Geräte können die Teilnehmer mit nach Hause nehmen. Wir erheben dafür einen Materialkostenbeitrag von wenigen Euro pro Person.

Entdeckendes Lernen

Die Themen der Raumzeitwerkstatt werden an den Stationen so aufbereitet, dass Kleingruppen sie selbstständig erarbeiten können. Die studentischen Betreuer führen in das Thema ein und stehen für Fragen und Diskussionen zur Verfügung, wobei sie das selbstständige Arbeiten der Gruppe und die Diskussion der Teilnehmer untereinander nach Möglichkeit fördern.

Die Phänomene in der Computersimulation

Bei der Vermittlung der Relativitätstheorie besteht die Besonderheit, dass Schulexperimente nicht zur Verfügung stehen. Irdische Geschwindigkeiten sind zu klein und das Schwerfeld der Erde zu schwach, als dass relativistische Effekte in Schülerversuchen beobachtbar wären. Damit Schülerinnen und Schüler dennoch mit den Phänomenen experimentieren können, arbeiten sie im Schülerlabor mit interaktiven Computersimulationen (Kraus, 2008; Zahn & Kraus, 2006; Kraus, 2007).

Die Erklärungen in Modellexperimenten

Die mathematische Beschreibung relativistischer Phänomene geht zumeist über Schulmathematik weit hinaus. Für Erklärungen werden in der Raumzeitwerkstatt deshalb Modellexperimente eingesetzt. Sie zielen auf eine geometrisch-anschauliche Erklärung ab, die sich die Schülerinnen und Schüler eigenständig erarbeiten. Nach Möglichkeit werden die Modelle von den Teilnehmern selbst gebaut und können nach Hause mitgenommen werden.

Ein Beispiel: Die Station „Lichtablenkung an Schwarzen Löchern“

Was hinter einem Schwarzen Loch liegt, erscheint verzerrt. Dieses Phänomen wird im Schülerlabor in einem Computerexperiment „untersucht“. Dabei wird in der Simulation ein Schwarzes Loch vor ein Galaxiencluster gesetzt; Position und Masse können mit Tastatur und Maus verändert werden, wobei in Echtzeit die zugehörige Verzerrung des Hintergrundbilds angezeigt wird. Alternativ wird ein Analogexperiment eingesetzt. Es besteht aus einem Zerrspiegel, der so berechnet und geschliffen wurde, dass er die Verzerrung durch Lichtablenkung an einem Schwarzen Loch von der Masse der Erde wiedergibt. Mit Hilfe dieser virtuellen Experimente wird die Beschreibung einer Gravitationslinse erarbeitet, insbesondere werden Doppelbilder, Bögen und der Einsteinring erkannt.

Die Erklärung für die beobachteten Phänomene wird mit Hilfe eines Modellexperiments erarbeitet. Licht wird an dem Schwarzen Loch abgelenkt, umso stärker, je näher es an das Schwarze Loch herankommt. Mit einer „Zeichenmaschine“ wird anhand der vorgegebenen Schar von Lichtstrahlen das verzerrte Bild eines Objekts hinter dem Schwarzen Loch konstruiert und gezeichnet. Das Zustandekommen des verzerrten Bildes wird dadurch völlig transparent. Die Zeichenmaschine bauen die Teilnehmer selbst aus Pappe und Papier; sie kann nach Hause mitgenommen werden.

Die Station „Lichtablenkung an Schwarzen Löchern“ wird seit 2009 im Schülerlabor Raumzeitwerkstatt eingesetzt. Ca. 300 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 13 an Realschulen und Gymnasien haben sie bisher bearbeitet. Ab Klasse 10 erarbeiten die Besucher des Schülerlabors diese Station anhand eines Arbeitshefts selbstständig. Jüngere brauchen in der Regel Unterstützung bei Bau und Einsatz der Zeichenmaschine.

Dabei profitieren insbesondere die Jüngeren von der Arbeit mit der Zeichenmaschine. Bei einer Erprobung im Physikunterricht einer 8. Klasse Realschule (Meyer, 2009) schnitt die Teilgruppe, die mit der Zeichenmaschine gearbeitet hatte, im Nachtest annähernd so gut ab wie eine Gruppe Studierender. Die Vergleichsgruppe der Achtklässler, die ohne Zeichenmaschine unterrichtet worden war, lag deutlich zurück.

Forschendes Lernen in der Lehramtsausbildung

Forschendes Lernen in der Raumzeitwerkstatt findet auf einer weiteren Ebene statt. Das Schülerlabor ist eng in die Lehramtsausbildung einbezogen und bildet den organisatorischen Rahmen für forschendes Lernen in der Physikdidaktik. Studierende arbeiten an der Vermittlung eines fachlich anspruchsvollen Teilgebiets der modernen Physik; sie entwickeln

und erproben Unterrichtskonzepte, erstellen neue Unterrichtsmaterialien, beobachten Lernprozesse und führen empirische Studien durch.

Informationen und Kontakt: www.raumzeitwerkstatt.de.

Literatur

Kraus, U. (2008). First-person visualizations of the special and general theory of relativity. *European Journal of Physics*, 29, 1

Kraus, U. (2007). Spiel mit dem Schwarzen Loch: Didaktisches Material zu „Einstein on Tour“ (Sterne und Weltraum, 12/2007, 30), *Wissenschaft in die Schulen* (www.wissenschaft-schulen.de), November 2007

Zahn, C., & Kraus, U. (2006). Interaktives Schwarzes Loch, www.tempolimit-lichtgeschwindigkeit.de /isl/isl.html

An der Entwicklung und Erprobung der vorgestellten Station zur Lichtablenkung an Schwarzen Löchern haben im Rahmen ihrer Bachelor- bzw. Masterarbeiten an der Universität Hildesheim mitgearbeitet: Kirsten-Andrea Meyer (2009), Stefanie Hübner (2010), Christian Dalfuß (2010) und Julia Herrmann (2011).

Praxisseminare im Schülerlabor: Forschendes Lernen im Lehramtsstudium

Abstract

In der Literatur wird vielfach auf eine bestehende Lücke zwischen Theorie und Praxis im Lehramtsstudium hingewiesen (Hoppe-Graff et al., 2008). Häufig wird auch ein „Praxischock“ beim Übergang ins Referendariat beschrieben (Merzyn, 2006).

Im Projekt „MINT-Lehrerbildung neu denken!“ werden an der Freien Universität Berlin daher die Praxisphasen im Lehramtsstudium durch sog. Praxisseminare im Schülerlabor ausgebaut. Durch diese Praxisseminare soll eine forschend-reflexive Haltung der Studierenden durch Planung und Durchführung eigener Unterrichtskonzepte im Schülerlabor sowie die Reflexion der Lehr-Lern-Prozesse gefördert werden. Die Beobachtung des Unterrichts und des Verhaltens der SchülerInnen auf der Grundlage von vorher definierten Beobachtungskriterien bietet den Studierenden die Möglichkeit des forschenden Lernens im Schülerlabor. Forschendes Lernen und Portfolioarbeit in der Lehrerbildung (Wintersteiner, 2002) stellen gute Methoden dar, die Reflexion von eigenen praktischen Unterrichtserfahrungen zu ermöglichen.

Im Rahmen einer Begleitstudie werden die neu konzipierten Veranstaltungen evaluiert.

Ausgangslage: Kritik an der Lehrerbildung

Nach neueren Studien scheint der in den 1970er Jahren von Müller-Fohrbrodt et al. (1978) ausführlich beschriebene Praxischock nach wie vor ein aktuelles Phänomen zu sein, das bei den BerufseinsteigerInnen nicht selten mit der Erkenntnis verbunden ist, dass das, was im Studium gelernt wurde, im Schulalltag nicht weiterhilft.

So schreibt Merzyn (2000) über eine Studie aus dem Jahr 1998/99: „*Der Praxischock hat auch für Physikreferendare eine erhebliche Bedeutung. Fast ein Drittel der Referendare ist nach eigener Einschätzung davon ernstlich betroffen*“ (S. 7).

In einer Quasi-Längsschnittstudie über beide Phasen der Lehrerausbildung (Universitätsstudium und Referendariat) fühlten sich 91,1% der befragten ReferendarInnen nicht gut auf ihre jetzigen Aufgaben vorbereitet, vor allem in fachdidaktischer und pädagogischer Hinsicht (Lersch, 2006).

Seitens der Betroffenen wird die geringe Praxisnähe im Studium kritisiert und ein fehlender Praxisbezug sowie die unzureichende Vorbereitung auf berufliche Aufgaben als Hauptgrund für die eigene Unzufriedenheit angeführt (vgl. Hoppe-Graff et al., 2008, S. 379).

Hinter dem Wunsch nach Praxiserfahrung könnte sich jedoch auch die Erwartung verbergen, im Studium ein rezeptartiges Regelwissen zu erwerben, nach dem sich Praxisituationen nach einem genormten Schema bewältigen lassen. Blömeke (1999) erhielt in einer Absolventenbefragung Antworten, die Hinweise auf dieses Phänomen liefern, und glaubt deswegen, dass diese ProbandInnen „eine geradezu rezeptartige Vorstellung vom Lehramtsstudium“ (S. 271) hätten.

Korthagen et al. (2002) vergleichen dieses unreflektierte Imitieren von Handlungen mit einer Lehrerbildung von vor hundert Jahren: der Lehrmeister mache vor und der Lehrling mache nach. Dies habe mit einer modernen Auffassung von Professionalisierung wenig zu tun (ebd., vgl. S. 41).

Reflexivität wird hingegen als Schlüsselkompetenz von Lehrerprofessionalität gesehen, die dem rezeptartigen Handeln in der Praxis entgegenwirkt, indem eine theoretische Begründbarkeit des Lehrerhandelns stattfindet. Viele aktuelle Diskussionen um die reflexive Lehrer-

ausbildung und den reflektiven Habitus von Lehrkräften greifen auf die Bücher von Donald A. Schön „The reflective Practitioner“ (1983) und „Educating the reflective Practitioner“ (1987) zurück.

Intervention durch Praxisseminare und deren theoretischer Hintergrund

Im Projekt „MINT-Lehrerbildung neu denken!“ werden an der Freien Universität Berlin die Praxisphasen im Lehramtsstudium durch neu eingerichtete Praxisseminare im Schülerlabor *PhysLab* ausgebaut (Krofta et al., 2011).

Ein Schülerlabor bietet vielschichtige Ressourcen als Lernort für Studierende. Beispielsweise ermöglicht es Freiheitsgrade bei der Wahl der Themen, Methoden oder Materialien und stellt eine geschützte Umgebung zur Erprobung von neuen Unterrichtskonzepten in der Realsituation dar: Der Ansatz des Teamteachings (Schwedes, 2003) hilft den Studierenden dabei, die Herausforderungen der Praxisituation mit anderen teilen zu können. Die Ansiedlung der Praxisphase an die Universität dient der intensiveren Unterstützung durch die SeminarleiterInnen. Diese Rahmenbedingungen sollten es ermöglichen, eine Überforderung der Studierenden zu vermeiden, die bei diesen in komplexen Praxisituationen oftmals auftritt (Tschannen-Moran et al., 1998).

In den Praxisseminaren soll die Kompetenzentwicklung der Studierenden im Bereich des Professionswissens unterstützt und eine forschend-reflexive Haltung durch einen Lernzyklus, bestehend aus theoriegeleiteter Planung, Durchführung und Beobachtung von Unterricht mit anschließender Reflexion der Lehr-Lern-Prozesse, gefördert werden.

Im Ansatz des Professionswissens stützt sich das Konzept auf das Modell der professionellen Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter (2006), insbesondere auf die Facetten Fachwissen, Fachdidaktisches und Pädagogisches Wissen, die in diesem Seminar parallel gefördert und vernetzt werden.

Die praktische Phase im Schülerlabor beinhaltet den Besuch einer oder mehrerer Schulklassen, mit denen die Studierenden ihre eigenen Unterrichtseinheiten durchführen. Die Studierenden beobachten das Verhalten der SchülerInnen im Sinne des forschenden Lernens auf der Grundlage von selbst entwickelten Fragestellungen. Der Prozess der praktischen Handlung, Beobachtung und Reflexion sowie ggf. Anpassung des Unterrichtskonzept stützt sich auf das ALACT-Modell von Korthagen et al. (2002). Die systematische Reflexion wird im Praxisseminar durch Gruppengespräche, Selbsteinschätzungen und das Verfassen von Portfolios (Wintersteiner, 2002) angeregt.

Begleitforschung

Die Begründung für den Forschungsansatz liegt vor allem in den geringen Teilnehmerzahlen der Praxisseminare im Masterstudium aufgrund geringer Kohortenstärken. Diese machen sowohl Kontrollgruppenbildungen als auch gruppenbezogene statistische Auswertungen unmöglich. Hinzu kommt, dass zum derzeitigen Stand der Lehrerbildungsforschung valide Instrumente zur Erfassung von einzelnen Kompetenzdimensionen erst in der Entwicklung und Erprobung sind und es noch erheblichen Forschungsbedarf gibt (Maag Merki & Werner, 2011). Aus diesem Grund werden die neu konzipierten Praxisseminare deskriptiv evaluiert und qualitative Methoden und der Ansatz der Fallstudien gewählt.

Befragt werden die TeilnehmerInnen der Praxisseminare, die das Modul „Didaktik der Physik: Themen des Physikunterrichts/ fachdidaktische Forschung und Entwicklung (Vertiefung)“ im Masterstudiengang Physik (Lehramt) absolvieren. Es sollen insgesamt drei Praxisseminare im Zeitraum Wintersemester 2011/12 bis Wintersemester 2012/13 zur Datensammlung herangezogen werden.

Mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) werden studentische Aussagen (Portfolios mit Selbsteinschätzungen sowie Begleitinterviews und Gruppendiskussionen) daraufhin untersucht, inwieweit die Studierenden professionelle Handlungskompetenz ent-

wickeln. Die Kategorien für den Kodierleitfaden der qualitativen Inhaltsanalyse werden in Anlehnung an die Kompetenzfacetten nach Baumert und Kunter (2006) gebildet. Die Selbsteinschätzungen werden durch Daten ergänzt, die durch teilnehmende Beobachtung (Lüders, 2012) entstehen.

Zusätzlich wird analysiert, inwieweit die Studierenden ihr eigenes Handeln schriftlich reflektieren und theoretisch fundieren. Hierzu wird untersucht, welche Reflexionsstufen die Studierenden im Portfolio erreichen und wie intensiv sie sich mit der Literatur auseinandersetzen.

Die Lehrerselbstwirksamkeitserwartung wird mittels eines quantitativen Tests mit zehn Items von Schmitz und Schwarzer (2002) im Prä-Post-Design erfasst, der jedoch aufgrund geringer Probandenzahlen nur fallbezogen ausgewertet werden kann, falls die Studierenden mit der Freigabe ihrer Daten einverstanden sind.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469-520
- Bohnsack, F. (2000). Probleme und Kritik der universitären Lehrerbildung. In: M. Bayer (Hrsg.), *Lehrerin und Lehrer werden ohne Kompetenz? Professionalisierung durch eine andere Lehrerbildung*. Weinheim: Klinkhardt, 52-123
- Hascher, T. (2006). Veränderungen im Praktikum – Veränderungen durch das Praktikum: Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von schulpraktischen Studien in der Lehrerbildung. In: C. Allemann-Ghionda (Hrsg.), *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern*. Weinheim u.a.: Beltz, 130-148
- Hascher, T. (2011). Forschung zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. In: E. Terhart et al. (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*. Münster: Waxmann, 418-440
- Hoppe-Graff, S., Schroeter, R. & Flagmeyer, D. (2008). Universitäre Lehrerausbildung auf dem Prüfstand: Wie beurteilen Referendare das Theorie-Praxis-Problem? *Empirische Pädagogik*, 22 (3), 353-381
- Korthagen, F. A. J., Kessels, J., Koster, B., Lagerwerf, B., Wubbels, T. (2002). *Schulwirklichkeit und Lehrerbildung: Reflexion der Lehrertätigkeit*. Hamburg: EB-Verlag
- Krofta, H., Fandrich, J. & Nordmeier, V. (2011). Verbesserung der Lehramtsausbildung durch Schülerlabore. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung – www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/download/320/434* (Stand 09/2012)
- Lersch, R. (2006). Lehrerbildung im Urteil der Auszubildenden. Eine empirische Studie zu beiden Phasen der Lehrerausbildung. In C. Allemann-Ghionda (Hrsg.). *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern*. Weinheim u.a.: Beltz, 164-181
- Lüders, C. (2012). Beobachten im Feld und Ethnographie. In: U. Flick, E. Kardoff & I. v. Steinke (Hrsg.). *Qualitative Forschung: Ein Handbuch*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt, 384-401
- Maag Merki, K. & Werner, S. (2011). Erfassung und Bewertung professioneller Kompetenz von Lehrpersonen. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*. Münster: Waxmann, 573-591
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. 11. Aufl. Weinheim: Beltz
- Merzyn, G. (2006). Fachdidaktik im Lehramtsstudium: Qualität und Quantität. *MNU*, 59 (1), 4-7
- Schmitz, G. S. & Schwarzer, R. (2002). Individuelle und kollektive Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrern. *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft* 44, 192-214
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner. How Professionals think in Action*. Basic Books, USA – ISBN 0-465-06878-2
- Schwedes, H. (2003). Teamentaching: ein Ausbildungselement im Halbjahrespraktikum. In A. Pitton (Hrsg.), *Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie. Beiträge zur Jahrestagung der GDGP Flensburg 2002*. Münster: Lit-Verlag
- Tschannen-Moran, M., Woolfolk Hoy, A. & Hoy, W. K. (1998). Teacher Efficacy: Its Meaning and Measure. *Review of Educational Research*, 68 (2), 202-248
- Wintersteiner, W. (2002). Portfolios als Medium der Selbstreflexion. *Informationen zur Deutschdidaktik* 26 (1), 35-43

Nicole Poppe¹
 Antje Siol¹
 Silvija Markic¹
 Ingo Eilks¹
 Jörg Thöming¹
 Walter Zehren²
 Angela Munnia²
 Johannes Huwer²
 Rolf Hempelmann²

¹Universität Bremen
²Universität des Saarlandes

Chemie und Nachhaltigkeit in Schule und Schülerlabor

Hintergrund

Wirtschaftliches Wachstum galt lange Zeit als zentrale Voraussetzung für eine Verbesserung der Lebensqualität. Auch heute ist dies noch häufig der Fall (Brandt, 2002). Wirtschaftliches Wachstum kann aber auch Probleme verursachen. Der steigende Verbrauch und die einhergehende Verknappung natürlicher Ressourcen sowie die Veränderungen des Klimas seien an dieser Stelle beispielhaft genannt. Als Gegenposition für nicht reguliertes Wachstum wird seit den 1970er Jahren über die Grenzen dieses Wachstums diskutiert. In diesem Rahmen wurde die Idee einer nachhaltigen Entwicklung formuliert als „*eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der heutigen Generation befriedigt, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen*“ (World Commission on Environment and Development, 1987, S. 11). Viele aktuelle Gegenwartsprobleme erfordern von der Gesellschaft, dass wissenschaftliche, ethische und politische Entscheidungen getroffen werden, die eng mit dem Begriff der nachhaltigen Entwicklung verknüpft sind. Zur besseren Konzeptualisierung von nachhaltiger Entwicklung hat sich in Deutschland vor allem das Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit etabliert, in dem den Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales eine gleichberechtigte Rolle zugesprochen wird (Renn, Deuschle, Jäger & Weimer-Jehle, 2007). Bewertungen aus einer gemeinsamen Sicht dieser drei Dimensionen anzustellen, kann damit als wichtige Voraussetzung für verantwortungsvolle Teilhabe an vielen gesellschaftlichen Entscheidungen angesehen werden. Hierauf muss schulische Bildung vorbereiten. Auch die UNESCO verweist auf die Schlüsselrolle der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Der Aufruf zur Weltdekade einer „Bildung für nachhaltige Entwicklung (BnE)“ (Deutsche UNESCO Kommission, 2008) verdeutlicht dies. Durch BnE sollen die Schülerinnen und Schüler befähigt werden, zukünftig im Sinne der Nachhaltigkeit zu handeln und diese Zukunft mitgestalten zu können. Dazu muss auch der Chemieunterricht einen Beitrag leisten. Ein Blick in den Chemieunterricht zeigt jedoch, dass BnE dort nur selten und häufig sehr eindimensional umgesetzt erfährt (Burmeister, Jokmin & Eilks, 2010). Die Gründe hierfür reichen von Defiziten in der Lehrerbildung, über das Fehlen geeigneter Unterrichtsmaterialien, bis hin zu fehlenden Voraussetzungen in den Bildungsplänen.

Zielsetzung des Projektes

Integration von Schülerlabor-Besuchen und regulärem Chemieunterricht

Eine fehlende Verknüpfung der Besuche in einem außerschulischen Lernort, wie dem Schülerlabor, mit dem regulären Schulunterricht kann lediglich kurzfristig positive Effekte bei den Schülerinnen und Schülern hervorrufen. Erst die Einbindung der informellen Lernumgebung des Schülerlabors in den regulären schulischen Kontext verleiht dem Besuch eine größere Sinnhaftigkeit (Guderian, 2007; Sauerborn & Brühne, 2010). Daher ist eine Integration von Schülerlabor-Angeboten mit dem regulären Unterricht unbedingt notwendig.

Im Projekt „Chemie und Nachhaltigkeit im Schülerlabor“ werden aus diesem Grund neben den Experimentiervorschriften auch thematisch abgestimmte Materialien für die Vor- und Nachbereitung des Schülerlabor-Besuches in der Schule ausgearbeitet. Die unterschiedlichen Angebote für die Jahrgangsstufen 5 bis 12 (13) sind gleichermaßen mit den Bildungsplänen abgestimmt und in verschiedenen Schultypen einsetzbar. Zusätzlich werden thematisch abgestimmte Exkursionen vorgeschlagen, die optional durchgeführt werden können, um den Schülerinnen und Schülern einen Einblick in wissenschaftliche Forschung oder Anregungen zur beruflichen Orientierung zu geben. Insgesamt sind die Angebote durch ihren modularen Charakter gekennzeichnet: Für die Vor- und Nachbereitung sowie den experimentellen Teil wird ein Materialpool, bestehend aus diversen thematisch angegliederten Arbeitsblättern und Experimenten, bereitgestellt. Aus diesem Pool kann entsprechend der individuellen Vorstellungen der Lehrenden und entsprechend der individuellen Bedürfnisse der Lernenden ausgewählt werden.

Inhaltliche Ausrichtung und BnE

Das Projekt „Chemie und Nachhaltigkeit in Schülerlaboren“ möchte einen Beitrag zur Förderung einer BnE im Chemieunterricht leisten. Dafür werden in enger Kooperation des Instituts für Didaktik der Naturwissenschaften (IDN) und des Zentrums für Umweltforschung und nachhaltige Technologien (UFT) der Universität Bremen mit dem Lehrstuhl für Physikalische Chemie der Universität des Saarlandes schulgerechte Experimente, Unterrichtsmaterialien und Schülerlabor-Angebote für den Bereich Chemie und Nachhaltigkeit erstellt. Entsprechend der sich gegenseitig ergänzenden Expertisen der Projektpartner werden Themen der organischen, anorganischen und physikalischen Chemie sowie der Elektrochemie schülergerecht aufgearbeitet. Ein besonderer Fokus liegt zudem auf Schülerlaborangeboten zu nachwachsenden Rohstoffen. Insgesamt knüpfen die ausgearbeiteten Themenstellungen an relevante Kontexte an und schaffen eine Verknüpfung von Bildungsplan-relevanten Themen und Grundprinzipien einer nachhaltigen Chemie. Insbesondere die Minimierung eines Einsatzes gefährlicher Chemikalien sowie die Maximierung des Gebrauches von nachwachsenden Rohstoffen werden dabei auch selber zum Gestaltungsprinzip der praktischen Angebote. Thematisiert und reflektiert werden aber auch Strategien zur Optimierung von Reaktionsabläufen hinsichtlich der gebildeten Nebenprodukte oder des Energieverbrauchs. Langfristig zielt das Projekt auf 10 unterschiedliche Schülerlabormodule für die gesamte Sekundarstufe ab, die dann an beiden Projektstandorten implementiert sind.

Forschendes und eigenständiges Experimentieren

Das Projekt möchte auch einen schülerorientierten und forschenden Naturwissenschafts- und Chemieunterricht fördern. Im Sinne des Inquiry-Learning werden offene Problemstellungen mit verschiedenen Freiheitsgraden angeboten, die ein problemorientiertes und forschendes Lernen im Schülerlabor erlauben. Die Vorteile solcher Strategien sind in der Literatur hinreichend beschrieben (vgl. Luehmann, 2009; Lunetta, Hofstein & Clough, 2007). Variationen und Fehlversuche beim Experimentieren sind hierbei ein zentraler und unumgänglicher Bestandteil. Damit Wiederholungen den zeitlichen Rahmen des Praktikums nicht übersteigen, sollen die einzelnen Experimente in kurzen Zeitspannen durchführbar sein. Zudem sollen alle Experimente eigenständig durch die Schülerinnen und Schüler lösbar sein. Der Einsatz von gestaffelten Lernhilfen ermöglicht hier eine Differenzierung zwischen und innerhalb der einzelnen Lerngruppen. An dieser Stelle spielt auch die Integration des Schülerlabor-Besuches in den regulären Unterricht eine zentrale Rolle. Beim forschenden Experimentieren müssen die Lernenden vielfach auf ihr Vorwissen zurückgreifen, um Problemstellungen erfolgreich zu lösen. Folglich ist eine gute Einbettung in den schulischen Kontext unumgänglich.

Ein Beispiel: Künstliches Vanillin oder natürliche Vanille?

Vanille ist weltweit der am häufigsten eingesetzte Aromastoff und ist unter anderem in Pudding, Speiseeis, Coca Cola, Arzneimitteln, Tabakwaren und Parfüms enthalten. Der Aromastoff Vanillin kann sowohl aus natürlichen Vanille-Schoten gewonnen als auch künstlich hergestellt werden. Deshalb bietet diese Thematik die Möglichkeit, verschiedene Prozesse zur Vanillingewinnung unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit zu vergleichen und zu bewerten. Nachhaltige Produkte werden von Verbrauchern zunehmend gefordert, auch in der Lebensmittelindustrie, sodass diese Thematik eine hohe Schülerrelevanz verspricht. Organische Synthesen beanspruchen allerdings oftmals große Zeitspannen. Im Zuge des Projektes wurde ein modulares Synthesesystem für Oberstufenschülerinnen und -schüler entwickelt, das aus verschiedenen Teilsynthesen besteht und einen zeitlich flexiblen Einstieg in schülergerechte Synthesen des Naturstoffes Vanillin bietet. Neben verschiedenen, schülergerecht aufgearbeiteten Synthesen des Aromastoffes stehen auch Experimente zur Verfügung, die eine analytische Untersuchung des Vanillins selbst sowie verschiedener Lebensmittel hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe ermöglichen.

Stand der Arbeiten und Ausblick

Sowohl in Bremen als auch in Saarbrücken wurden erste Module entwickelt und mit Schülergruppen getestet. Aufgrund der Erkenntnisse aus diesen ersten Implementierungen konnten die bereits vorliegenden Angebote optimiert werden. Bis 2013 wird das ganze Programm für die Klassen 5 bis 12 (13) entwickelt sein und von den Projektpartnern langfristig zur Durchführung im Schülerlabor angeboten. Parallel hierzu werden die Materialien in die Lehreraus- und -fortbildung integriert.

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die umfangreiche Förderung dieses Projektes.

Literatur

- Brandt, C. (2002). Sustainable Development und Responsible Care - Die chemische Industrie auf dem Weg in eine grüne Zukunft. *Chemie in unserer Zeit*, 36 (4), 214 - 224
- Burmeister, M., Jokmin, S. & Eilks, I. (2011). Bildung für nachhaltige Entwicklung und Green Chemistry im Chemieunterricht. *Chemie Konkret*, 18 (3), 123 - 128
- Deutsche UNESCO Kommission (2008). Nationaler Aktionsplan für Deutschland. UN-Dekade Bildung für nachhaltige Entwicklung. Abgerufen am 21. September 2012 von http://www.bne-portal.de/coremedia/generator/unesco/de/Downloads/Dekade_Publikationen_national/Der_20Nationale_20Aktionsplan_20f_C3_BCr_20Deutschland_202009.pdf
- Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte: Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses in der Physik (Dissertation). Abgerufen am 21. September 2012 von <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/guderian-pascal-2007-0212/PDF/guderian.pdf>
- Luehmann, A. L. (2009). Students' Perspectives of a Science Enrichment Programme: Out-of-school inquiry as access. *International Journal of Science Education*, 31 (13), 1831 - 1855
- Lunetta, V. N., Hofstein, A. & Clough, M. P. (2007). Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory and Practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on science Education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 393 - 442
- Renn, O., Deuschle, J., Jäger, A. & Weimer-Jehle, W. (2007). *Leitbild Nachhaltigkeit - Eine normativ-funktionale Konzeption und ihre Umsetzung*. Wiesbaden: VS
- Sauerborn, P. & Brühne, T. (2010). *Didaktik des außerschulischen Lernens*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren
- World Commission on Environment and Development (1987). *Our Common Future*. New York: University Press

Spektroskopie im Schülerlabor **- Vorstellung eines Oberstufenprojektes für Chemie- und Physikkurse**

Zielsetzung des Projektes

Spektroskopie ist ein in Chemie und Physik vielfältig genutztes Verfahren und ist auch Bestandteil des Chemie-Lehrplans für die Oberstufe. Die genaue Funktionsweise und der physikalische Hintergrund werden im Chemie-Schulunterricht jedoch meist nicht ausführlich behandelt. Schülerinnen und Schüler (im weiteren Text: Schüler) erhalten zudem selten Gelegenheit, selbständig mit Spektrometern zu arbeiten und im praktischen Einsatz eigene Erfahrungen zu sammeln. Darüber hinaus bietet die Spektrometrie für den Physikunterricht einen authentischen Kontext für die technische und wissenschaftliche Nutzung der Wellenoptik. Ausgehend von diesen Überlegungen wurde ein Projekt für Schüler der Oberstufe entwickelt, mit dem Ziel, ihnen das Prinzip der Spektroskopie und die Funktionsweise von Spektrometern zu vermitteln. Darüber hinaus sollte ihnen Gelegenheit geboten werden, Spektroskopie in alltagsnaher Anwendung kennen zu lernen.

Projekthalt

Im Chemieunterricht wird Spektroskopie als Methode zum Nachweis von Stoffen und zur Bestimmung von Stoffkonzentrationen über das Lambert-Beersche Gesetz behandelt. Daran knüpft das hier vorgestellte Projekt an. Im Versuch M1 erarbeiten sich die Schüler das Lambert-Beersche Gesetz anhand der Absorption von rotem Laserlicht in Lösungen verschiedener Konzentrationen. Die dazu nötige Verdünnungsreihe wird von den Schülern selbst hergestellt. Im Versuch M2 wird die Abhängigkeit der Absorption von der Wellenlänge des einfallenden Lichtes und von seiner Intensität untersucht. Damit lernen die Schüler Absorptionsspektren kennen, und dass diese stofftypisch und unabhängig von der Lichtintensität sind. Versuch M3 führt schließlich ein in die verschiedenen Darstellungsweisen von Spektren, den Zusammenhang von Transmissions- und Absorptionsspektren sowie die Funktion der Kalibrierung beim Aufnehmen von Spektren.

Im Physikunterricht wird Spektroskopie überwiegend als Methode zur Stoffidentifikation eingeführt. Darüber hinaus kann die Spektroskopie beispielhaft als Anwendung der Wellenoptik genutzt werden. Je nach verwendetem Detektor können auch Bezüge zur Elektrizitätslehre oder Atomphysik hergestellt werden, die Wellenlängenabhängigkeit der Absorption knüpft zudem an den fotoelektrischen Effekt an. Für den Physikunterricht bietet die Spektroskopie somit die Möglichkeit, die themenverbindende Anwendung von Unterrichtsinhalten zu verdeutlichen. In diesem Projekt wurde als Detektor ein lichtabhängiger Widerstand gewählt, der aus einem Halbleiter besteht, dessen Widerstand mit steigendem Lichteinfall abnimmt. Das dispersive Element in Versuch M2 (s.o.) ist ein optisches Gitter; für den korrekten Aufbau ist ein grundlegendes Verständnis der Interferenzbilder daher wichtig.

Mit diesen Bezügen knüpft das Projekt an den Lehrplan für Physik und Chemie in der Oberstufe an. Das über den Schulunterricht hinausgehende Element dieses Projektes ist die selbständige Bearbeitung der Versuche M1 bis M3 durch die Schüler in 2er-Gruppen. Sie bauen die verwendeten Spektrometer selbst und müssen ihre Funktionsfähigkeit überprüfen und sicherstellen. Der Fokus des Projektes liegt besonders auf einer „vollständigen“ Experimentiererfahrung der Schüler mit selbständigem Aufbau, Minimierung von Fehlerquellen, Durchführung, Auswertung und Interpretation der Versuche und der Messergebnisse.

Darüber hinaus wird ein konkreter Anwendungsbezug der Spektroskopie im Rahmen eines fiktiven Kriminalfalls gezeigt, den die Schüler aufbauend auf dem zuvor erworbenen Wissen ohne weitere Anleitung bearbeiten. Dabei wird der aus diversen Fernsehserien bekannte Einsatz spektroskopischer Verfahren zur Stoffidentifikation aufgegriffen.

Insgesamt ermöglicht das Projekt somit zum einen die Auseinandersetzung mit einer interdisziplinär wichtigen Messmethode und zum anderen die Herstellung eines Bezugs der Spektroskopie zur Lebenswelt der Schüler.

Methodischer Projektablauf

Das Projekt gliedert sich methodisch in drei Phasen: Wissenserwerb durch selbständiges, kooperatives Experimentieren (Phase 1), festigendes Üben durch Austausch der Ergebnisse aus den Experimenten im Expertenpuzzle (Phase 2) und schließlich transferierendes Üben durch Anwenden des neu erworbenen Wissens auf eine offene, authentische Problemstellung (Phase 3) (s. Abb. 1). Aus Zeitgründen können die Schülergruppen jeweils nur einen Versuch bearbeiten, durch den Austausch in Phase 2 erhalten aber alle Schüler einen Überblick über die behandelten Inhalte. Für Phase 3 werden die Gruppen aus Phase 2 halbiert, so dass in jeder den entstehenden Gruppen mindestens ein Experte für M1, M2 und M3 vertreten ist.

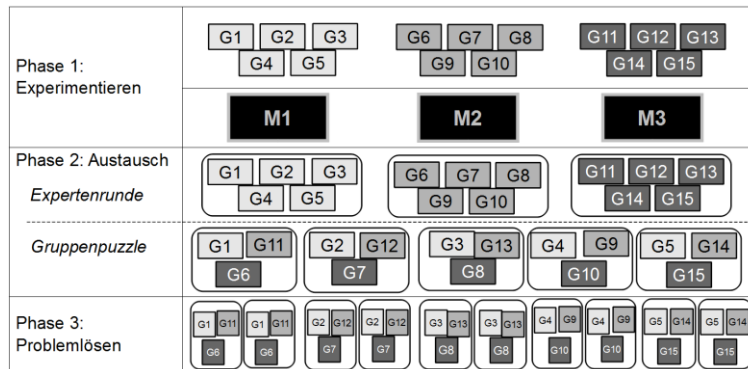


Abb. 1: Übersicht über den Projektablauf

Phase 1: Wissenserwerb

Die Schüler arbeiten in 2er-Gruppen an den drei verschiedenen Experimenten, in denen sie zwei verschiedene Spektrometertypen (Monochromometer und Spektrometer) bauen und damit die Lichtabsorption in Abhängigkeit von der Wellenlänge und der Stoffkonzentration untersuchen. Sie erhalten dazu Arbeitszettel, in denen Aufbau, Durchführung, Auswertung und Kontrollfragen zum Verständnis enthalten sind. Die Versuche werden von den Schülern selbständig aufgebaut, durchgeführt und ausgewertet. Die Betreuer helfen bei Fragen und stellen sicher, dass die Messungen erfolgreich durchgeführt werden können.

Dieser Aufbau fördert nach der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (z.B. Ryan & Deci, 2000) die Motivation der Schüler durch das Erleben von Autonomie und sozialer Eingebundenheit und ermöglicht das Erleben von Kompetenz durch die erfolgreiche, eigenständige Bearbeitung der Versuche.

Phase 2: festigendes Üben

Die Schüler vergleichen in Expertengruppen ihre Versuchsdurchführungen und -ergebnisse. Darauf aufbauend erstellen sie ein Handout für die Schüler der anderen Expertengruppen. Mit Hilfe des Handouts werden im anschließenden Gruppenpuzzle die drei verschiedenen

Experimente einander vorgestellt. Die Betreuer überprüfen die fachliche Korrektheit der Handouts.

Phase 3: transferierendes Üben

Die Schüler erhalten in den Gruppenpuzzle-Gruppen eine zufällig gezogene, offene und authentische Problemstellung, die sie mithilfe des in den Phasen 1 und 2 erworbenen Wissens in 3er-Gruppen bearbeiten. Die Betreuer geben bei Bedarf Hinweise zum methodischen Vorgehen. In dieser Phase vertiefen die Schüler ihr in den ersten Phasen erworbenes Wissen, indem sie es in einem neuem, hinreichend nah verwandtem Kontext anwenden. Durch diesen hohen Anwendungsbezug werden die Schüler zusätzlich motiviert (vgl. Reinmann & Mandl, 2006) und können verstärkt Kompetenz erleben.

Ergebnisse der Evaluation

Um sicher zu stellen, dass der gewählte Aufbau und die offene Aufgabe die Schüler nicht überfordern, wurden die ersten vier Durchführungen des Projektes mit einem Schülerfragebogen zum Sinn- und Fähigkeitserleben bei der Durchführung und Auswertung der Versuche evaluiert. Dieser Fragebogen ist ein Evaluationsinstrument, das am Alfred Krupp-Schülerlabor entwickelt wurde und so gestaltet ist, dass es in allen Projekten eingesetzt werden kann. Die Ergebnisse der bisherigen Evaluationen dieses Projektes zeigen, dass die Schüler sowohl Durchführung als auch Auswertung gut bewältigen können, insgesamt wird das Projekt positiv bewertet (s. Tab.1). Dabei heben die Schüler besonders das selbständige Messen und Auswerten der gewonnenen Daten als positiv hervor sowie die Anwendung des Gelernten im Rahmen des fiktiven Kriminalfalls in Phase 3.

<i>Fähigkeitserleben</i>	<i>Mittelwert (St.abw.)</i>	<i>Cronbach's α</i>
Skala 1: Bei der Durchführung	1,89 (0,64)	.769
Skala 2: Bei der Auswertung	1,99 (0,73)	.756
Skala 3: Bewertung des Projektes allgemein	2,26 (1,01)	.699

Tab. 1: Ergebnisse der bisherigen Evaluationen

1: positives Ende der Skala, 5: negatives Ende der Skala.

Befragte Schüler insgesamt: 208, befragte Schüler in diesem Projekt: 56.

Anzahl der Items pro Skala: Skala 1: 7, Skala 2: 6, Skala 3: 4.

Für die nähere Zukunft wird angestrebt, diesen Fragebogen auf eine breitere statistische Basis zu stellen, so dass dann ein Instrument zur Verfügung steht, das die inhaltsunabhängige Beurteilung der Schülerlaborprojekte im Alfred Krupp-Schülerlabor durch die teilnehmenden Schüler erlaubt.

Literatur

- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55, 68-78
- Reinmann, G. & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp, M. Prenzel & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie: Ein Lehrbuch*. Weinheim: Beltz, 613-658

Untersuchung von Instrumenten zur Interesseentwicklung im Schülerlabor

Theoretische Grundlage und Forschungsziel

Mit dem verstärkten Gründungsboom von Schülerlaboren in Deutschland vor etwa 10 Jahren begann eine intensivere Auseinandersetzung mit diesen außerschulischen Lernorten innerhalb der fachdidaktischen Forschung (u. a. Pawek, 2009). Mittlerweile existieren sieben Dissertationen in diesem Bereich. Alle Arbeiten haben sich mit der Interesseentwicklung aufgrund eines Schülerlaborbesuchs beschäftigt. Dabei basiert das verwendete Interessekonstrukt auf der Person-Gegenstands-Relation der Münchener Gruppe um Krapp et al. (1992). Den Dissertationen zufolge ist das Interessekonstrukt gut geeignet, Interesseentwicklungen abzubilden. Ebenso können einfache Schülertypisierungen durchgeführt werden (Pawek, 2009). Eine Identifikation der konkreten Situationen und Kontexte mit entsprechenden Tätigkeiten und Handlungen, in denen sich das Interesse entwickelt, gelang jedoch bisher nicht. Desgleichen konnten verschiedene Schülertypen nicht genauer spezifiziert werden. Die Ursache für ähnliche Problematiken wird in dem Fokus auf der Person und der damit verbundenen Vernachlässigung der Gegenstandsseite gesehen (Baumert & Köller, 1998). Da die positive Wirkung eines Schülerlaborbesuchs aber mit den ausgeführten Tätigkeiten zusammenhängt (Euler, 2009), erscheint die Berücksichtigung der Handlungen als notwendig.

In der vorliegenden Studie wurden zwei berufsbezogene Interessesskalen eingesetzt, deren Ergebnisse in diesem Forschungsbeitrag einander gegenüber gestellt werden. Während die erste Skala konventionell geprägt ist und lediglich nach einzelnen Berufsfeldern fragt, werden bei der zweiten berufsrelevante Tätigkeiten berücksichtigt. Die zweite Skala basiert auf dem Hexagonmodell von Holland (1997). Seiner Theorie zufolge existieren im westlichen Kulturkreis sechs verschiedene Persönlichkeitsorientierung: realistisch (praktisch-technisch), intellektuell (forschend), künstlerisch (auch sprachlich), sozial, unternehmerisch und konventionell (verwaltend). Nach Holland besteht das Interessenprofil einer Person aus den sechs Orientierungen. Das Modell existiert bereits seit den 50er Jahren und bildet in Deutschland immer noch die Grundlage für verschiedene Berufsinterestetests. Es wird zu zeigen sein, dass sich mit Hilfe der Skalen unterschiedliche Schülertypen genauer spezifizieren lassen. Durch die Konzeption des evaluierten Labors können zudem Tätigkeiten identifiziert werden, die diese Schülertypen bei einem Schülerlaborbesuch präferieren.

Bei dem evaluierten Schülerlabor handelt es sich um das Baylab plastics von Bayer MaterialScience. Dort entwickeln, designen und produzieren Jugendliche einen Kunststoffartikel nach dem Konzept „Von der Idee zum fertigen Produkt“. Dabei kann es sich z.B. um einen Eierlöffel oder Kugelschreiber handeln. Die Jugendlichen arbeiten dafür in den fünf Teams *Design, Forschung, Kommunikation, Technik* und *Finanz* und wählen ein Team nach ihren persönlichen Neigungen aus. Durch die unterschiedlichen Treatments mit verschiedenen Tätigkeiten gelingt eine Identifikation der im Schülerlabor bevorzugten Handlungen.

Untersuchungsdesign

Bei der ersten verwendeten Interessesskala (vierstufig) beantworten Schülerinnen und Schüler, wie gut sie sich vorstellen können, später in den Bereichen „mathematisch-naturwissenschaftlich“, „wirtschaftlich“, „ingenieurwissenschaftlich-technisch“, „sprachlich“, „sozial“, „musisch-künstlerisch“, „gesellschaftlich-politisch“, „medizinisch“ und „handwerklich“ arbeiten zu können. Im Gegensatz zu dieser klassisch geprägten, konventionellen Berufsfeldskala werden bei dem Situativen Interessentest SIT (bipolar, vierstufig) latente Hintergrund-

interessen berücksichtigt, die Tätigkeiten im beruflichen Bereich umfassen (Stangl, 2007). Dabei müssen sich die befragten Personen bei jedem Item für eine Tätigkeit entscheiden (Bsp.: *An einem Theater: die Kostüme entwerfen □ □ □ □ in den Bühnenwerkstätten arbeiten*). Befragt wurden 324 Jugendliche aus dem 10. und 11. Jahrgang des G9-Zweigs.

Ergebnis

Schülertypisierung mit Hilfe der Skala Berufsfeld

Eine latente Klassenanalyse identifiziert drei latente Klassen im Bereich Berufsfeld:

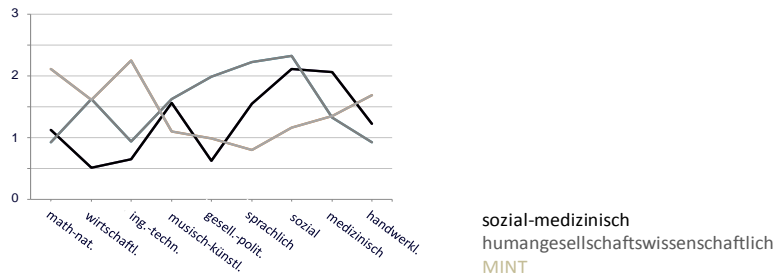


Abb. 1: LCA für eine Schülertypisierung über der Skala Berufsfeld

Während die erste Klasse (schwarz) eine besondere Ausprägung im sozial-medizinischen Bereich besitzt, weist sich die zweite (mittelgrau) durch eine große Neigung im sozial-sprachlich-gesellschaftspolitischen Bereich aus (humangesellschaftswissenschaftlich). Die dritte Klasse (hellgrau) hat ihre Schwerpunkte in der mathematisch-naturwissenschaftlich-ingenieurwissenschaftlich-technischen Orientierung (MINT-Klasse). Der sozial-medizinischen Klasse wurden 72 Jugendliche zugeordnet, der humangesellschaftswissenschaftlichen Klasse 147 und der MINT-Klasse 105. Damit liegt etwa ein Verhältnis von 2:4:3 vor.

Bevorzugte Tätigkeiten der einzelnen Schülertypen

Die freie Teamwahl im Labor weist auf die von den Klassen präferierten Tätigkeiten hin:

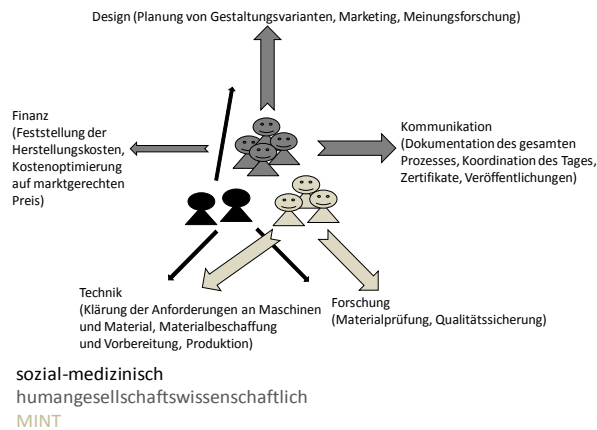


Abb. 2: Teampräferenzen der latenten Klassen und damit bevorzugte Tätigkeiten

Abbildung 2 zeigt, dass Jugendliche der humangesellschaftswissenschaftlichen Klasse die Teams *Design* und *Kommunikation* bevorzugen. Damit wählen sie Tätigkeiten, die Kompetenzen wie Organisation, Dokumentation und Kommunikation benötigen und gesellschaftspolitische sowie soziale Überlegungen erfordern, aber auch zum Teil künstlerische Tätigkeiten. Die Jugendlichen, die der MINT-Klasse zuzuordnen sind, präferieren die Teams *Technik* und *Forschung* und wählen damit naturwissenschaftliche und technische Tätigkeiten. Die

medizinisch-soziale Klasse verteilt sich im Wesentlichen auf die Teams *Design*, *Technik* und *Forschung*. Mit der Entscheidung für ein Team wählen die Jugendlichen auch bestimmte Tätigkeiten bei der Teamarbeit, die offensichtlich passend sind zu ihrem Typ.

Schülertypisierung mit Hilfe der Skala Situativer Interessentest

Eine LCA angewendet auf den Situativen Interessentest identifiziert ebenso drei latente Klassen: die unternehmerisch-soziale, die künstlerische und die realistische Klasse:

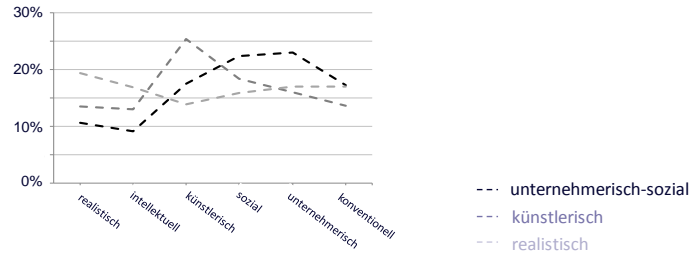


Abb. 3: LCA für eine Schülertypisierung über der Skala Situativer Interessentest

Um die jeweils identifizierten Klassen vergleichen zu können, muss zunächst eine Transformation der Klassen der Skala *Berufsfeld* auf die Hollandorientierungen erfolgen (Abb. 4a):

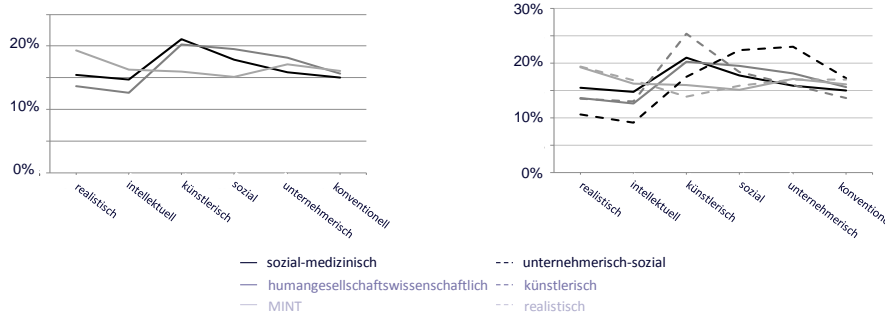


Abb. 4a: LCA der Skala Berufsfeld transformiert auf die Hollandorientierungen

Abb. 4b: Vergleich der jeweils drei latenten Klassen aus den Skalen Berufsfeld und SIT

Abbildung 4b zeigt jeweils die drei latenten Klassen, die sich aus der Berufsfeldskala und dem Situativen Interessentest ergeben. Lediglich die Klassen „MINT“ und „realistisch“ verlaufen über den Hollandorientierungen annähernd gleich. Zwischen den Ergebnissen der Berufsfeldskala und des Situativen Interessentests existiert keine 100%ige Passung. Nichtsdestoweniger gelingt es, Schülertypen mit Hilfe der Skalen genauer zu spezifizieren.

Literatur

- Baumert, J. & Köller, O. (1998). Interest Research Concerning Secondary Level I. In L. Hoffmann, A. Krapp, K. A. Renninger & J. Baumert (Hrsg.), *Interest and learning*. Kiel: IPN, . 241-256
- Euler, M. (2009). *Werkzeuge und Flügel des Geistes. Die Rolle von Experimenten in der Lehre*. Physik Journal, 4, 39-43
- Holland, J. L. (1997). *Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments*
- Krapp, A. (1992). Das Interessenskonstrukt – Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung*. Bd. 26. Münster: Aschendorff, 297-329
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Kiel.
- Stangl, W. (2007). *Situativer Interessen Test (SIT) – Das Modell*. Zugriff am 11.04.2012. Verfügbar unter <http://www.stangl-taller.at/ARBEITSBLAETTER/TEST/SIT/theorie.shtml>.

Lehrerperspektiven auf unsichere Evidenz I: Projektziele, -design und Erhebungsinstrument

Es besteht ein weitgehender Konsens über die Bedeutung des Ziels, Schüler/innen zur Teilhabe an demokratischer Gesellschaft zu befähigen. In diesem Sinne ist auch das Lernen über die Natur der Naturwissenschaften und somit auch das Lernen über den epistemologischen Status von Wissen aus theoretischer Perspektive gut legitimiert. Dennoch zeigen sich in der Praxis Widerstände bzgl. der Implementation von Lernarrangements mit entsprechenden Lernerwartungen (z.B. Mulhall & Gunstone, 2008).

Empirische Befunde zeigen zum einen inadäquate Vorstellungen von Schüler/innen über Evidenz und deren Genese (Höttecke, 2001). Zum anderen zeigt sich im Hinblick auf den Einsatz von Versuchen im Unterricht, dass ihre Funktion oft auf die Bestätigung von bereits theoretisch erarbeiteten Zusammenhängen in Form eines „Beweises“ im Sinne eines naiven Realismus beschränkt bleibt. Lehrpersonen können dabei selbst die Position einer epistemischen Autorität einnehmen (Lunetta et al., 2007). Der Prozess der Evidenzgenese und die darin natürlicherweise auftretenden Unsicherheiten bleiben hier unberücksichtigt. Der Bedarf an Lerngelegenheiten über den Prozess der Wissensgenese und den epistemologischen Status von Wissen wird somit deutlich.

Evidenz und Unsicherheit

Der Begriff „Evidenz“ ist seit langer Zeit Gegenstand philosophischer, erkenntnistheoretischer und wissenschaftstheoretischer Diskurse, wobei eine strenge Definition nicht möglich ist (vgl. Stegmüller, 1969, S. 162). Das dieser Studie zu Grunde liegende Begriffsverständnis von „Evidenz“ beinhaltet empirische oder rationale „Rohdaten“ (das Ergebnis einer Beobachtung, Messung, Argumentation oder eines Gedankenganges), die mit einem Urteil über deren Gültigkeit verknüpft sind. Zwischen Rohdaten und Evidenz besteht damit aus epistemologischer Sicht ein Unterschied. Das Urteil über die Gültigkeit entsprechender empirischer oder rationaler Rohdaten wird in diesem Zusammenhang innerhalb einer Expertengemeinschaft ausgehandelt, festgesetzt, akzeptiert und gleichzeitig die bedeutsame Einbindung in einen wissenschaftlichen Argumentationszusammenhang geteilt.

Evidenz ist nach diesem Begriffsverständnis mit mehreren Dimensionen von Unsicherheit verknüpft. Die erste Dimension betrifft die individuelle Perspektive während der Evidenzgenese. Beispielsweise können Zweifel über die Güte einer Messung auftreten, wenn ein Individuum zwischen Artefakt oder Phänomen unterscheidet oder wenn erwartungswidrige Beobachtungen im Sinne eines Kohärenzkriteriums (vgl. Pickering, 1993) beurteilt werden. Eine zweite Dimension betrifft die soziale Perspektive. Die Aushandlung, Festsetzung und Akzeptanz eines Urteils über die Gültigkeit innerhalb einer Expertengemeinschaft bedarf der sozialen Interaktion verschiedener Individuen. Hier können z.B. Differenzen oder Widersprüche bzgl. der Beobachtungen von verschiedenen Personen auftreten. Eine dritte Dimension betrifft die Diskursperspektive. Die Darstellung wissenschaftlicher Evidenz in der Öffentlichkeit geschieht durch einen Filter von Medien. Hier können z.B. unterschiedliche Interessen aus Wissenschaft, Politik oder Journalismus konkurrieren, die von einem Konsumenten nicht rekonstruierbar sind (Weingart, 2005). Letztlich sind alle drei Dimensionen davon betroffen, dass zeitliche Veränderungen auch eine Um- oder Neudeutung von Gültigkeitsurteilen innerhalb einer Expertengemeinschaft zur Folge haben können, sodass Evidenz prinzipiell fragil, fraglich und unsicher sein kann.

Studienziel und Datenerhebung

Da Lehrpersonen für die Gestaltung von Lerngelegenheiten eine entscheidende Rolle spielen, werden in diesem Promotionsprojekt Aspekte professioneller Kompetenz von Lehrpersonen in Bezug auf den Umgang unsicherer Evidenz im Unterricht rekonstruiert. Dabei wird, angelehnt an das Modell professioneller Kompetenz nach Baumert & Kunter (2006), besonderes Augenmerk auf individuelle Orientierungsrahmen (z.B. Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften, Vorstellungen vom fachspezifischen Lehren und Lernen, Überzeugungen zu Zielen und Curricula von Fachunterricht, Selbstwirksamkeitserwartungen oder Persönliches Strukturbedürfnis) gelegt.

Die Rekonstruktion von Aspekten professioneller Kompetenz im Umgang mit unsicherer Evidenz im Unterricht basiert auf halbstrukturierten, problemzentrierten Interviews. Als zentraler Stimulus werden Videovignetten von Unterrichtssituationen (ca. 2,5 min. Länge) in einen Interviewleitfaden integriert. Die Vignetten bilden Situationen ab, in denen unsichere Evidenz zentral ist und die aus Lehrerperspektive Handlungsdruck erzeugen. Im Interview werden u.a. mögliche und präferierte Handlungsstrategien aus Lehrerperspektive evoziert.

Ergänzend zu den Videovignetten wird ein semantisches Differenzial eingesetzt. Darin sind Probanden aufgefordert, Begriffe (z.B. Hypothese, Gesetz, experimentieren, Schülerversuch, usw.) zwischen den zwei Polen „sicher“ und „unsicher“ zu verorten und dabei laut zu denken. Es werden weitere Kontrollvariablen mit z.T. etablierten Skalen erhoben. Darunter sind Vorstellungen zum fachbezogenen Lehren und Lernen, Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften, allgemeine Selbstwirksamkeitserwartungen und das persönliche Strukturbedürfnis.

Die Auswertung der Daten erfolgt rekonstruktiv. Es werden auf Basis der dokumentarischen Analyse Orientierungsrahmen der Probanden identifiziert, verglichen und in einer Typologie strukturiert.

Entwicklung der Videovignetten

Die Videovignetten sollten einerseits aus Lehrersicht problematisch Unterrichtssituationen darstellen, in denen Evidenz von Lehrpersonen und/oder Schüler/innen als unsicher erfahren werden kann. Andererseits sollten sie den Lehrpersonen authentisch erscheinen, also curricular und ökologisch valide sein. Die Entwicklung erfolgte mehrstufig:

Vorarbeiten - Identifikation relevanter Unterrichtssituationen: Zunächst wurden explorative Interviews mit fünf Experten (Fachdidaktiker/innen, Fachseminarleiter, erfahrene Lehrkräfte, die in Lehrerausbildung eingebunden sind) geführt, um Unterrichtssituationen zu identifizieren, die den Vignetten zugrunde liegen könnten. Die Situationen wurden zwei Situationstypen zugeordnet (vgl. Nott & Wellington, 1996):

- Genese von unsicherer Evidenz im Rahmen von Schülerversuchen („practical“)
- Umgang mit bereits generierter, aber unsicherer wissenschaftlicher Evidenz aus Informationsquellen (z.B. nach einem Rechercheauftrag) („non-practical“).

Es zeigte sich, dass eine wesentliche Funktion von Evidenzgenese im Unterricht darin besteht, Annahmen, theoretische Modelle oder Hypothesen zu bestätigen. Weiterhin wurden Aspekte rekonstruiert, die beim Auftreten unsicherer Evidenz bedeutsam sind (z.B. Unterrichts-/Lernziel, Schülerfähigkeiten: z.B. genaues Beobachten, Abstraktionsebene: abstrakte Modelle lassen sich weniger leicht eindeutig bestätigen). Die Ergebnisse wurden in der folgenden Entwicklung, Validierung und Umsetzung der drehbuchbasierten Videovignetten berücksichtigt, die insgesamt in fünf Schritten durchgeführt wurde.

- *Erstellung schriftlicher Vignetten:* Es wurden auf Basis der Ergebnisse der Vorarbeiten 23 Unterrichtsszenarien ausgewählt bzw. neu entwickelt oder aus der Literatur übernommen (vgl. Nott & Wellington, 1996) und in knappen Fallbeschreibungen fixiert. Dabei wurden 12

Vignetten des Typs „practical“ und 11 des Typs „non-practical“ erstellt. Die Fächer Biologie, Chemie und Physik wurden gleichmäßig berücksichtigt.

- *Expertenvalidierung*: 11 Experten (8 Fachdidaktiker der unterschiedlichen Fächer sowie 3 Kolleg/innen aus der Unterrichtspraxis) haben die knappen Fallbeschreibungen auf curriculare und ökologische Validität hin beurteilt. Auf Basis ihrer Rückmeldungen wurden 12 Vignetten hinsichtlich maximaler Validität ausgewählt und überarbeitet.

- *Erstellung von Drehbüchern*: In Kooperation mit Experten für Unterrichtsvideographie wurden die in Schritt 3 ausgewählten Vignetten in ca. zweiseitige Drehbücher überführt.

- *Pilotierung der Drehbücher*: Im weiteren Verlauf wurden die erstellten Drehbücher in einer Pilotierung im Rahmen von Interviews mit Lehrkräften weiterhin auf Validität überprüft. Ziel war es zum einen, ein Maximum an Authentizität zu gewährleisten, damit die Möglichkeit gegeben war, dass sich Lehrpersonen in der Erhebung mit der Situation identifizieren können, und zum anderen, dass Lehrpersonen Handlungsdruck am Ende der Situation verspüren und sich zum Auftreten unsicherer Evidenz im Unterricht verhalten. Diesen Kriterien entsprechend wurden 4 Drehbücher ausgewählt, die in Videos umgesetzt wurden (je 1 „practical“ pro Fach Biologie, Chemie und Physik sowie 1 „non-practical“ fächerübergreifend).

- *Dreharbeiten*: In Kooperation mit einem Hamburger Gymnasium wurden die Drehbücher in realem Kontext (Örtlichkeiten und Teilnehmer) gedreht und das Material anschließend fachkundig geschnitten.

Abschließend wurde der Interviewleitfaden im Rahmen mehrerer Test-Interviews sukzessive optimiert (Ohlsen, 2012). Dabei konnten möglichst non-direktive verbale Stimuli identifiziert werden. In einer weiteren Studie wurden Leitfaden und Vignetten für eine Gruppendiskussionsstudie mit Lehrkräften erprobt (s. Beitrag II von Krüger, Ruhrig & Höttecke, 2013, in diesem Band). Aktuell werden die Daten der Hauptstudie erhoben und transkribiert.

Ausblick

Nach einer Rekonstruktion auf Fallebene werden in einem zweiten Schritt fallübergreifend Zusammenhänge innerhalb der Binnenstruktur der professionellen Kompetenz in den Blick genommen. Diese Analyse und die Erarbeitung einer Typologie sollen bis Aug 2013 abgeschlossen sein. Das Potential der Videovignetten im Hinblick auf Lehreraus- und -fortbildung wird sekundär je nach Kapazität und Gelegenheit genutzt.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften, Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469-520
- Höttecke, D. (2001). Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften, ZfDN, 7, 7-23
- Lunetta, V., Hofstein, A. & Clough, M. P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory and practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), Handbook of research on science education, Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates
- Mulhall, P. & Gunstone, R. (2008). Views about Physics held by Physics Teachers with Differing Approaches to Teaching Physics. Research in Science Education, 38 (4), 435-462
- Nott, M. & Wellington, J. (1996). When the black box springs open: practical work in schools and the nature of science. International Journal of Science Education, 18 (7), 807-818
- Ohlsen, M. (2012). Entwicklung und Erprobung eines Instruments zur Rekonstruktion von Lehrerperspektiven über unsichere Evidenz im naturwissenschaftlichen Unterrichts. Unveröffentlichte Hausarbeit im Rahmen des 1. Staatsexamen, Universität Hamburg.
- Pickering, A. (1993). Living in the Material World: On Realism and Experimental Practice. In D. Gooding, T. Pinch & S. Schaffer (Hrsg.), The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences. Cambridge: Cambridge University Press, 275-297
- Stegmüller, W. (1969). Methaphysik, Skepsis, Wissenschaft. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag
- Weingart, P. (2005). Die Stunde der Wahrheit: Zum Verhältnis der Wissenschaft zu Politik, Wirtschaft und Medien in der Wissensgesellschaft. Weilerswist: Velbrück Wiss.

Lehrerperspektiven auf unsichere Evidenz II: Ergebnisse einer Gruppendiskussionsstudie

Evidenz und deren Unsicherheit stellen charakteristische Eigenschaften des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses dar (Zur Begriffsklärung vgl. Ruhrig et al., 2013, in diesem Band).

Mit der Forderung einer intensiveren Thematisierung von „Nature of Science“ im naturwissenschaftlichen Schulunterricht (McComas, 1998) sowie nach der Idee der „Scientific Literacy“ sollte jede/r Schüler/in auch epistemologische Kompetenzen erwerben (Gräber, 2002) und so beispielsweise ein Verständnis der Genese von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und der Grenzen der Naturwissenschaften ausbilden. Beides beinhaltet Wissen über unsichere Evidenz.

Verschiedenste Untersuchungen zeigen jedoch, dass ein Großteil der Erwachsenen im Laufe ihrer Schulzeit kein adäquates Bild über NoS ausbilden konnten (Duggan, 2002). Es ist zu vermuten, dass der Schulunterricht ein verfälschtes Bild über NoS in der Form vermittelt, das die Naturwissenschaften als gesichert und unveränderbar darstellt.

Osborne (2003, S. 701) fasst daher als ein Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts zusammen:

„Students should appreciate why much scientific knowledge, particularly that taught in school science, is well-established and beyond reasonable doubt, and why other scientific knowledge is more open to legitimate doubt. It should be explained that current scientific knowledge is the best we have but may be subject to change in the future, given new evidence or new interpretations of old evidence.“

Dies lässt vermuten, dass eine veränderte Unterrichtsgestaltung von Nöten ist. Dabei sind vor allem die Lehrpersonen ausschlaggebende Faktoren.

Das Wissen über NoS und damit über unsichere Evidenz stellt einen Teil des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften dar. Verschiedene Modelle zur Lehrerprofessionalisierung begreifen das fachdidaktische Wissen als einen Teil des Professionswissens. Dieses Wissen wird von weiteren Aspekten professioneller Kompetenz wie Überzeugungen/ Werte/ Ziele, Motivation und Selbstregulation beeinflusst (Kunter, 2011). Selbst ausgeprägtes Wissen über NoS und unsichere Evidenz führt nicht automatisch zu einer Thematisierung im Unterricht. Andere Aspekte professioneller Kompetenz oder weitere Faktoren können Einfluss auf die Überführung kognitiver Wissensbestände in Lerngelegenheiten nehmen.

Es ist daher von entscheidender Bedeutung, die Lehrerperspektive auf unsichere Evidenz im naturwissenschaftlichen Unterricht zu betrachten.

Forschungsdesign

Im Zentrum dieser Arbeit standen Lehrpersonen der Fächer Physik und Chemie. Ziel war es, ihre Vorstellungen, Meinungen und Haltungen über unsichere Evidenz im Unterricht zu rekonstruieren.

Dazu wurden zwei jeweils einstündige Gruppendiskussionen, eine mit einem Physikkollegium und eine mit einem Chemiekollegium, durchgeführt. Die Lehrpersonen stammten aus Hamburger Gymnasien und waren zwischen 37 und 57 Jahren alt. Es waren insgesamt vier Frauen und fünf Männer beteiligt.

Die Diskussionen wurden mit Hilfe eines Leitfadens moderiert, welcher sich in drei Oberbereiche gliederte:

- unsichere Evidenz bei Schülerexperimenten im Unterricht ("practical")
- unsichere Evidenz bei der Verwendung von wissenschaftlichen Quellen (z.B. Texte oder Filme) im Unterricht ("non-practical"),
- allgemeine Fragen zur Erkenntnistheorie.

Als Impulse wurden für die ersten beiden Bereiche die im Beitrag „Lehrerperspektiven auf unsichere Evidenz I“ beschriebenen Videovignetten eingesetzt. Sie zeigen Unterrichtssituationen im jeweiligen Fachunterricht, in denen unsichere Evidenz zentral ist, und enden im Moment der Handlungsnotwendigkeit der Lehrkraft. Sie ermöglichten eine Diskussion über das weitere Vorgehen der Lehrkraft und allgemeine Veränderungsmöglichkeiten. Als Impulse für den letzten Bereich wurden Fragen, wie „Werden naturwissenschaftliche Erkenntnisse gefunden oder erfunden?“ oder „Woher wissen Naturwissenschaftler, dass sie etwas gesichert wissen?“ zur Diskussion gestellt.

Die Gruppendiskussionen wurden videographiert und unbereinigt transkribiert. Die Auswertung fand mit Hilfe der dokumentarischen Analyse statt (Bohnsack, 2007). Dabei waren folgende Forschungsfragen zentral:

- Welche potentiellen methodisch-didaktischen Strategien der TeilnehmerInnen, auf die konkreten Situationen zu reagieren, können rekonstruiert werden?
- Wie nehmen Lehrpersonen die in den Videovignetten dargestellten Situationen wahr?
- Welche Vorstellungen haben Lehrpersonen über Evidenz und deren Rolle im Erkenntnisprozess der Naturwissenschaften?

Ergebnisse der Untersuchung

Die Strategien zur ersten Forschungsfrage konnten für beide Diskussionen in vier Kategorien eingeteilt werden: *Vorbereitung durch die Lehrkraft*, *Umgang mit den Ergebnissen*, *alternatives Vorgehen* und *Aufgabe der Lehrkraft im Unterricht*. Es fiel auf, dass die Lehrkräfte jeweils vorrangig Strategien in einem dieser Bereiche äußerten, so dass eine personenspezifische Typisierung vorgenommen werden konnte. Fünf der acht Beteiligten nannten vorrangig Strategien für die Unterrichtsvorbereitung oder den Einsatz alternativer Vorgehensweisen, mit dem Ziel, die gesehene Situation und damit die unsichere Evidenz zu vermeiden. Ein Teilnehmer strebt eine vorherige Klärung der fachlichen Grundlagen des Unterrichtsgegenstandes für sich selbst an. Zwei Lehrerinnen schlugen vorrangig Strategien zum weiteren Umgang mit den Schülerergebnissen vor und strebten eine gemeinsame Thematisierung mit den Schüler/innen an. Dabei wurde auch ein Anschluss von Themen aus dem Bereich NoS deutlich.

Personen mit vermeidenden Strategien zeigten ein eher führendes oder leitendes Rollenverständnis der Lehrkraft. Für sie ist es Aufgabe der Lehrkraft, das Unterrichtsziel für die Schüler/innen eindeutig erreichbar zu machen. Die anderen Lehrpersonen zeigten eher die Vorstellung, dass die Lehrperson die Aufgabe des Strukturierens übernimmt und den Schüler/innen damit eigenständiges Arbeiten ermöglicht.

Insgesamt wurde bei fast allen Teilnehmer/innen ein hohes Bedürfnis nach Eindeutigkeit im Unterricht deutlich. Für sie ist es entscheidend, dass am Ende das „eine richtige“ Ergebnis festgehalten werden kann.

Die zweite Forschungsfrage beschäftigte sich mit der Wahrnehmung der gesehenen Situationen. Dabei wird Wahrnehmung zwischen den Extremen „bereichernd“ für den Unterricht und „störend“ für diesen angesehen. Aufgrund ihrer Äußerungen konnten die Teilnehmer/innen, wie in Abb. 1 dargestellt, zwischen diesen Extremen verortet werden. Die gesehenen Situationen werden von einem Großteil der Lehrpersonen als störend wahrgenommen.

nommen. Genau diese waren es, die vorrangig vermeidende Strategien nannten. Nur drei Teilnehmer/innen sehen eine Möglichkeit zur Bereicherung des Unterrichts.

Die dritte Forschungsfrage beschäftigt sich mit den allgemeinen Vorstellungen der Lehrpersonen zu unsicherer Evidenz im Erkenntnisprozess.

Alle Teilnehmer/innen zeigten die Auffassung, dass das Schulwissen im Gegensatz zu anderem Wissen gesicherter sei und es einen Unterschied zwischen dem Erkenntnisprozess in der Schule und dem in der Wissenschaft gebe.

Einigkeit herrscht außerdem dahingehend, dass Evidenz zur Sicherung von Wissen ein zentraler Aspekt des Erkenntnisprozesses der Naturwissenschaft ist. Dieser Sicherungs-

prozess wird als aufwändig, langfristig und arbeitsintensiv wahrgenommen. Aufgrund dieser Charakterisierung wird eine Nachahmung des Sicherungsprozesses im Unterricht als unpraktikabel angesehen. In Abgrenzung zur wissenschaftlichen Praxis wurden eine Vielzahl begrenzender Rahmenbedingungen des Schulsystems (knappe Unterrichtszeit, geringe Motivation der Schüler/innen, Stofffülle) angeführt.

Bezogen auf Unsicherheit und Veränderlichkeit wurde deutlich, dass einer der Teilnehmer naturwissenschaftliche Erkenntnisse als unveränderlich ansieht. Für die anderen Teilnehmer/-innen bezieht sich dies nur auf das gesicherte Schulwissen. Eine Thematisierung unsicherer Evidenz im Unterricht wird daher nicht für notwendig erachtet.

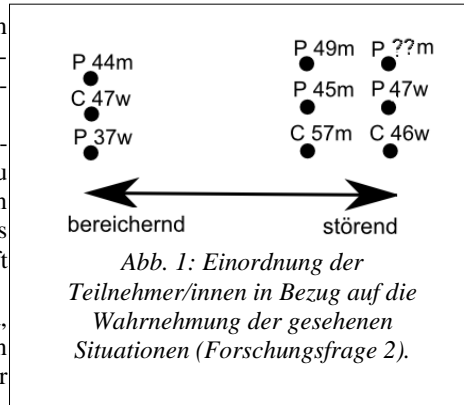


Abb. 1: Einordnung der Teilnehmer/innen in Bezug auf die Wahrnehmung der gesehenen Situationen (Forschungsfrage 2).

Zusammenfassung

Über die Hälfte der beteiligten Lehrpersonen nehmen Situationen, in denen unsichere Evidenz im Unterricht zentral ist, als störend für den Unterrichtsverlauf wahr. Sie tendieren dazu, solche Situationen zu vermeiden. In Bezug auf Unsicherheit und Ergebnisoffenheit nehmen die Lehrpersonen Schulunterricht und Naturwissenschaft unterschiedlich wahr. Im Unterricht wird, im Unterschied zur Wissenschaft, gesichertes Wissen vermittelt und Eindeutigkeit angestrebt.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass potentielle Lerngelegenheiten über unsichere Evidenz von den Lehrkräften kaum als solche wahrgenommen und eingeschätzt werden, wie es Nott und Wellington (1996) vorgeschlagen haben. Es ist zu überdenken, ob und wie diese Lehrperspektiven in Aus- und Fortbildung aufgegriffen und verändert werden könnten.

Literatur

- Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I. & Nohl, A.-M. (2007). Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. 2. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Duggan, S. & Gott, R. (2002). What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education*, 24 (7), 661-679
- Gräber, W., Nentwig, P. & Nicolson, P. (2002). Scientific Literacy - von der Theorie zur Praxis. In *Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Oplanden: Leske + Budrich, 135-145
- Kunter, M., Baumert, J., u.a. (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften - Ergebnisse des Forschungsprogramms Coaktiv. Münster: Waxmann Verlag GmbH
- McComas, W. F., Clough, M. P. & Almazroa H. (1998). The Role And Charakter of The Nature of Science. In *The Nature of Science in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic publishers, 3-40
- Nott, M. & Wellington, J. (1996). When the black box springs open: practical work in schools and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 807-818

Argumentationen bei nicht-hypothesenkonformen Ergebnissen in Real- und Simulationsexperimenten

Motivation

In der Lehr-Lernforschung werden Simulationen als effiziente Methode genutzt, um das Verhalten von Lernenden beim Experimentieren zu untersuchen (z. B. Gößling, 2010; Künsting et al., 2008; de Jong & van Joolingen, 1998). Das Heranziehen von Computersimulationen zur Untersuchung kognitionspsychologischer Fragestellungen ist legitim. Bisher ist u. E. jedoch nur unzureichend untersucht, ob es möglich ist, Ergebnisse, die in einer virtuellen „*Experimentierumgebung beobachtet werden, didaktisch sinnvoll auf den realen naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere den Physikunterricht, übertragen zu können*“ (Künsting et al., 2008, S. 2). Die didaktische Relevanz der Ergebnisse ist deshalb infrage zu stellen, da die methodischen Vorgehensweisen und die epistemologischen Implikationen in beiden Lernsettings sehr unterschiedlich sein können. Bisherige empirische Arbeiten bzgl. der Unterschiede beim Arbeiten mit realen und virtuellen Experimenten zeigen divergierende Befunde: Hinsichtlich des Vergleichs auf Leistungsebene lässt sich keine abschließende Aussage treffen, wie Smetana und Bell (2012) nach Analyse von 61 empirischen Arbeiten berichten. Auch in der Anwendung von Strategiewissen und in der Planung von Experimenten finden sich keine Unterschiede (Triona & Klahr, 2003). In anderen Arbeiten finden sich wiederum Unterschiede zwischen den Medien, z. B. hinsichtlich Lerneffizienz (Finkelstein et al., 2005) oder bei der Erfassung von Experimentierkompetenz (Schreiber, Theyßen & Schecker, 2011). Es muss daher konstatiert werden, dass z. Zt. noch nicht hinreichend untersucht ist, welchen Einfluss die offensichtlichen Unterschiede zwischen realen und virtuellen Medien (z. B. hinsichtlich des Zeitaufwands, der Dimensionalität des Aufbaus, der Vereinfachung bzw. Komplexität des Handlings und der Manipulation, hinsichtlich Generierung der Daten und der Bedeutung von Messunsicherheiten) auf kognitive Prozesse auf Seiten Lernender nehmen. In diesem Kontext sollen in einem Forschungsprojekt die Argumentationsprozesse beim Experimentieren in realen und virtuellen Settings untersucht werden.

Vorstudie: Argumentationskategorien

In einer qualitativen Vorstudie wurde untersucht, welche Argumentationen Lernende bei Erhalt nicht-hypothesenkonformer, experimenteller Daten für und wider des Beibehaltens bzw. Verwerfens einer selbst aufgestellten Eingangshypothese nennen (Ludwig & Priemer, 2012; vgl. auch Lin, 2007; Mason, 2001; Chinn & Brewer, 1998). Am Beispiel des Fadenspendels wurden die Argumentationen von 81 Probanden (8./9. Jgst.) beim selbstständigen Experimentieren in realem und virtuellem Setting mit nicht-hypothesenkonformen Daten in einem halbstrukturierten Interview erfasst.

Durch qualitative Inhaltsanalyse der Interviews konnten insgesamt zehn Argumentationskategorien abgeleitet werden (Einträge in Tab. 1). Alle Kategorien können Argumentationen sowohl für das Beibehalten als auch für das Verwerfen der Eingangshypothese enthalten. Bei Überprüfung der Interraterreliabilität wurde festgestellt, dass die bereits in Ludwig und Priemer (2012) berichteten acht Kategorien durch zwei weitere Kategorien ergänzt werden müssen. Anhand eines Kodiermanuals und einer Schulung schätzten zwei Experten 30 % der Stichprobe hinsichtlich des Auftretens aller Argumentationskategorien in den Antworten der Probanden auf einer dreistufigen Ratingskala ein (trifft nicht zu, trifft teilweise zu, trifft voll

Affektive Klasse	Rationale Klasse
Intuition	Experimentierkompetenz (rational)
Ignoranz	Eignung des Experiments
Experimentierkompetenz (affektiv)	Evidenz
Heranziehen einer (falschen) physikalischen Theorie (Fehlende) Bestätigung durch Expertenwissen	Erwähnung der Relevanz von Messunsicherheiten
Mangelndes Wissen über den Umgang mit Messunsicherheiten	

Tab. 1: Dichotomisierung der Argumentationen für bzw. wider eines Hypothesenwechsels bei nicht-hypothesenkonformer Datenlage

zu). Zur Bestimmung der Beurteilerübereinstimmung wurde die prozentuale Übereinstimmung sowie die Stärke des Zusammenhangs der Beurteilungen über den Korrelationskoeffizienten Spearman's ρ bestimmt. Die über alle Kategorien gemittelte prozentuale Übereinstimmung ergibt sich zu 91,4 % und die Korrelation zu $\rho = .80$.

Des Weiteren wurden die Argumentationskategorien nach Rationalität bzw. Affektivität differenziert: In die affektive Klasse konnten die Argumentationskategorien eingeordnet werden, die sich auf eine emotional bzw. intuitiv geleitete Auseinandersetzung mit den Experimentiererergebnissen stützen. Argumentationskategorien, die auf eine rationale Auseinandersetzung schließen ließen, werden der rationalen Klasse zugeordnet. Bemerkenswert an dieser dichotomen Aufteilung ist die Ähnlichkeit zum *Elaboration-Likelihood-Model of Persuasion* (ELM). Das ELM beschreibt den Umgang von Rezipienten (hier: Lernende) mit persuasiven Mitteilungen (hier: Experiment mit nicht-hypothesenkonformer Datenlage) über eine zentrale und eine periphere Route, die sich in der Art der Informationsverarbeitung im Hinblick auf Rationalität und Affektivität unterscheiden. Das ELM sagt eine nachhaltigere Einstellungsänderung auf der rationalen Route voraus und nennt verschiedene Einflussgrößen, welche die Wahl der verwendeten Route moderieren (z. B. Motivation, Kognitionsbedürfnis, Relevanz) (Petty & Cacioppo, 1986; vgl. Ludwig & Priemer, 2012).

Weiterer Projektverlauf

Basierend auf dem Kategoriensystem soll in einer quantitativen Hauptstudie untersucht werden, in *welche* Kategorien die Argumente der Schülerinnen und Schüler *wie häufig* fallen, wenn nicht-hypothesenkonforme Daten vorliegen. Von besonderem Interesse ist dabei der Einfluss der Experimentierumgebung (real vs. virtuell) auf die Argumentation beim Wechseln bzw. Beibehalten der Hypothese. Weiterhin soll in Bezug zu die aufgedeckten Analogien zum ELM geprüft werden, ob die Einflussgrößen Motivation, Relevanz und Kognitionsbedürfnis auch im Kontext des naturwissenschaftlichen Lernens die Wahl der verwendeten Argumentationsklasse (ELM: Route) moderieren. Weiterhin wird der Frage nachgegangen, welchen Einfluss die verwendete Argumentationsklasse auf die Entscheidung und deren Nachhaltigkeit zum Verwerfen und Beibehalten einer Hypothese und auf die inhaltliche Richtigkeit hat.

Die Fragestellungen sollen in einem experimentellen 2x2 Design mit Pre-, Post und Follow-Up Testung untersucht werden. Variiert wird dabei das Thema (zwei physikalische Themen mit Experimenten) und die Experimentierumgebung (real bzw. virtuell).

Ausblick

Sollte sich die Vermutung bestätigen, dass Lernende in realen und virtuellen Umgebungen unterschiedliche Argumentationen verwenden, wäre dies ein Hinweis darauf, dass die Lernumgebung einen Einfluss auf kognitive Prozesse beim Experimentieren hat. Die Übertragung von Ergebnissen aus Studien, die ausschließlich auf virtuellen Experimenten basieren, muss dann in Frage gestellt werden.

Falls sich die vermutete Analogie zwischen dem ELM und dem Argumentieren beim Umgang mit Hypothesen bestätigt, gibt es Hinweise darauf, dass das Lernen in den Naturwissenschaften nicht allein von Wissens- und Kompetenzerwerb bestimmt wird, sondern ähnlich wie ein Überzeugungsprozess verlaufen kann. Aus der Wahl der verwendeten Route, ausgedrückt durch die Zuordnung der gegebenen Antworten in die Kategorien und deren Zugehörigkeit zur rationalen bzw. affektiven Klasse, müsste sich die Nachhaltigkeit des Hypothesenwechsels vorhersagen lassen. Dies würde ggf. Konsequenzen implizieren, da aus Perspektive des Physikunterrichts eine möglichst intensive, rational-logische Auseinandersetzung mit der Experimentiersituation wünschenswert ist.

Literatur

- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1998). An Empirical Test of a Taxonomy of Responses to Anomalous Data in Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (6), 623-654
- de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning With Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68 (2), 179-201
- 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
- Gößling, J. M. (2010). *Selbständig entdeckendes Experimentieren - Lernwirksamkeit der Strategieanwendung*. (Dissertation). Universität Duisburg-Essen
- 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
- Lin, J.-Y. (2007). Responses to Anomalous Data Obtained From Repeatable Experiments in the Laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (3), 506-528
- Ludwig, T. & Priemer, B. (2012). Begründungen und Überzeugungen beim Beibehalten und Verwerfen von eigenen Hypothesen in Real- und Simulationsexperimenten. In D. Höttecke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Oldenburg 2011, Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für die Lehramtsausbildung*. Münster: Lit Verlag, 313-315
- Mason, L. (2001). Responses to anomalous data on controversial topics and theory change. *Learning and Instruction*, 11, 453-483
- Petty, R. E. & Cacioppo, J. T. (1986). The Elaboration Likelihood Model of Persuasion. *Advances in Experimental Social Psychology*, 19, 123-205
- Smetana, L. K. & Bell, R. L. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. *International Journal of Research in Science Education*, 34 (9), 1337-1370
- Triona, L. M. & Klahr, D. (2003). Point and Click or Grab and Heft: Comparing the Influence of Physical and Virtual Instructional Materials on Elementary School Students' Ability to Design Experiments. *Cognition and Instruction*, 21 (2), 149-173

Bildung Älterer in naturwissenschaftlichen Kontexten

Hintergrund

Jede Gesellschaft ist abhängig von Menschen, die am öffentlichen Leben partizipieren. Das Statistische Bundesamt prognostizierte unlängst für das Jahr 2050 doppelt so viele 60-Jährige wie Neugeborene (Statist. Bundesamt, 2006, 2012). Der einmal mehr bestätigte demographische Wandel erfordert eindeutig ein sozio-strukturelles Umdenken. Die Ergebnisse des 4. Deutschen Alterssurvey (Bundesministerium für Familie, 2010) geben die demoskopische Grundlage zu dieser Thematik.

Für die Bewältigung dieser Herausforderung erfährt das Lebenslange Lernen eine übergeordnete Bedeutung. Interessante Bildungsangebote für Ältere werden in diesem Zusammenhang immens wichtig.

Stand der Forschung

Ergebnisse der neurologischen Forschung (Lledo, 2006) und empirische Studien der Psychologie belegen, dass Kognitionszuwachs auch im Alter möglich ist. Jedoch sind die divergierenden Lernvoraussetzungen von Älteren und Kindern und Jugendlichen sowie von formalen und informellen Lernsettings zu berücksichtigen. Besonders ist das *selbstbestimmte Lernen* ebenso wie das Erkennen einer *Sinnhaftigkeit* im Lernprozess in den Blick zu nehmen (Kade, 2006; Kocka & Staudinger, 2009; Tippelt, 2009).

Während es zunehmend institutionelle Bildungsangebote für ältere Personen mit kulturellen Rahmen gibt, sind Lernumgebungen in informellen bzw. nonformalen Settings mit Kontexten aus der unbelebten Natur für Ältere kaum auszumachen.¹

Leithypothesen

Naturwissenschaftliche Experimente mit dem Schwerpunkt Chemie und Physik regen zur (intra- und intergenerativen) Kommunikation an. Eine aktive Auseinandersetzung mit chemischen Phänomenen ermöglicht älteren Menschen eine vitale Partizipation an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche/chemische Forschung sowie dem Erkennen und Bewerten von Risiken.

Über das Erleben und Begreifen chemischer Phänomene kann die naturwissenschaftliche Bildung Älterer gefördert und damit ihre womöglich vorhandenen Ressentiments gegenüber den Naturwissenschaften abgebaut werden. Das Experimentieren an sich ist darüber hinaus geeignet, senso-motorische Kompetenzen der Älteren zu schulen. Die Steigerung der individuellen Lebensqualität sowie die vermehrte Pflege sozialer Kontakte werden mithin evoziert.

Ziel der Arbeit ist es, im Rahmen einer Longitudinalstudie zu untersuchen, wie sich ältere Menschen mit chemischen Phänomenen mittels Experimenten auseinandersetzen und welchen Einfluss geeignete Lernarrangements auf ihre Lebensqualität und Selbstständigkeit nehmen.

¹ Eine Untersuchung in Schottland zeigte auf, dass es großes Potential unter Älteren mit einer kargen Bildungsbiographie gebe, sich in non-formalen Lernsettings zu engagieren (McKechnie, 2008).

Methodisches Vorgehen

Die Untersuchung wird nach Methoden der qualitativen Sozialforschung durchgeführt. Diese Art der empirischen Feldforschung zeichnet sich dadurch aus, dass die Erhebung relevante Einzelfälle in den Fokus nimmt. Es wird sich der Thematik explorativ genähert, da wie in diesem Falle Vergleichsstudien nicht existieren.

Zunächst werden teilnehmende Beobachtungen an verschiedenen Seniorengruppen durchgeführt. Durch vertiefende Interviews und Gruppendiskussionen werden zunächst die Erwartungen und Wünsche an dieses Projekt eruiert. Auch werden Einstellungen und gegebenenfalls Vorbehalte der Teilnehmer gegenüber dem Lernen im Allgemeinen sowie den Naturwissenschaften untersucht, wobei der Schwerpunkt auf der Chemie liegen wird. Bei Lernangeboten für ältere Menschen ist die besondere Heterogenität und Diversität zu berücksichtigen, die vornehmlich durch die jeweilige Bildungsbiographie und des Lebenslaufes geprägt ist. Daher ist es wichtig in der Untersuchung die jeweilige Zielgruppe nach Kategorien wie Geschlecht, Bildung, Arbeit/Hausfrau/Ruhestand, Migrationshintergrund, Generationszugehörigkeit (Vorkriegs-, Kriegs- bzw. Nachkriegsgeneration) einzuteilen.

In einem zweiten Schritt wird ein Experimentierprojekt auf Grundlage des *forschenden Lernens* entwickelt, das dazu dient, Ältere an chemische Phänomene heranzuführen, die an ihrem jeweiligen Alltagswissen anknüpfen. Als Einstieg werden die chemischen Sinne aktiviert, indem verschiedene Gerüche und Geschmacksstoffe identifiziert werden. Da Gerüche stark an Emotionen und Erinnerungen gekoppelt sind, werden hier einerseits eventuell vorhandene Hemmungen dem Experimentieren gegenüber genommen und andererseits wird zur Kommunikation angeregt. In den folgenden Einheiten werden Phänomene aus der Küche untersucht, z.B. wozu wir Backpulver einsetzen, der Hintergrund der regionalen Divergenz der Begriffe „Rotkohl“ und „Blaukraut“, aber auch Phänomene aus dem Alltag, wie z.B. die Brennbarkeit von Metallen.

Bei dieser informellen Veranstaltungsreihe werden die neuesten Erkenntnisse der Geragogik (Bubolz-Lutz, 2010) berücksichtigt: die Senioren werden partizipativ und dialogisch in den Forschungsprozess miteinbezogen. Die in der Experimentierreihe zunächst vorgegebenen Untersuchungen naturwissenschaftlicher Phänomene geben Impulse, selbsttätig weitere Problemstellungen zu formulieren. Die Teilnehmer sollen sich aktiv mit den selbstgewählten Aufgaben auseinandersetzen und selbstständig nach experimentellen Lösungsansätzen suchen, jeweils aufbauend auf ihrem Erfahrungswissen.

Nach der experimentellen Reihe werden wiederholt Konstrukt-Interviews mit einigen Teilnehmern durchgeführt. Die Auswertung soll zeigen, ob Veränderungen der Einstellung gegenüber der Chemie sowie des Lernens allgemein verdeutlicht werden können – zudem sollen affektive und kognitive Lernziele festgehalten werden.

Weiterführend wird das Projekt mit intergenerativen Gruppen ausgeweitet. Auch wird eine Inklusion bildungsbenachteiligter älterer Personen u.a. mit Migrationshintergrund angestrebt.

Darüber hinaus soll auch untersucht werden, ob und wie sich die internationale Forschung mit dieser Thematik aktuell auseinandersetzt und ob gegebenenfalls Vergleichsstudien herangezogen werden können.

Erste Ergebnisse

Es zeigt sich, dass Ressourcen älterer Menschen durch das Verknüpfen von Erfahrungswissen mit neuen Inhalten aktiviert werden. Die Kommunikation untereinander und nach außen (mit Verwandten und Freunden) wird über Zeit und Inhalt dieser Experimentierreihe hinaus angeregt. Es lässt sich eine positive affirmative Resonanz gegenüber Naturwissenschaften, speziell der Chemie, feststellen.

Überraschenderweise fühlen sich eher Frauen durch das Programm angesprochen (von insgesamt 51 TN war nur ein männlicher TN), diesen Gender-Aspekt gilt es weiterhin zu untersuchen.

Literatur

- Bubolz-Lutz, E., Gösken, E., Kricheldorf, C. & Schramek, R. (2010). Geragogik, Bildung und Lernen im Prozess des Alterns: Das Lehrbuch. Stuttgart: W. Kohlhammer
- Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (Hrsg.) (2010). Altern im Wandel - Zentrale Ergebnisse des Deutschen Alterssurveys
- Kade, S. (2009). Altern und Bildung: eine Einführung. 2. Aufl. Bielefeld: W Bertelsmann
- Kocka, J. & Staudinger, U. (Hrsg.). Gewonnene Jahre: Empfehlungen der Akademiengruppe Altern in Deutschland. Nova Acta Leopoldina NF. Bd. 107, Nr. 371. Stuttgart
- Lledo, P-M., Alonso, M. & Grubb, M.S. (2006). Adult neurogenesis and functional plasticity in neuronal circuits. *Nature Rev. Neuroscience*, 7, 179-193
- McKechnie, B. (2008). New approaches to engaging older adults in lifelong learning. *The gerontologist*, 28, special issue 3, 595
- Tippelt, R., Schmidt, B., Schnurr, S., Sinner, S. & Theisen, C. (Hrsg.) (2009). Bildung Älterer: Chancen im demografischen Wandel. Bielefeld: W. Bertelsmann
- Statistisches Bundesamt Deutschland (2006/2012). Pressemitteilung Nr.464 vom 07.Nov. 2006 und Nr. 344 vom 2. Okt. 2012; vergl. auch Mitteilung der UN, abgerufen am 3. Okt. 2012: <http://www.un.org/en/events/olderpersonsday/background.shtml>

Dilek Yalman
 Caroline Körbs
 Rüdiger Tiemann

Humboldt-Universität zu Berlin

Development of learning design skills for enhancing students' key competencies

Einleitung und Projekthintergrund

In diesem europäischen Verbundprojekt - gefördert von der europäischen Kommission-Zentrale COMENIUS-Projekte zur Lehrerbildung und Unterrichtsentwicklung - werden Herangehensweisen in der Gestaltung von Lernumgebungen (Learning Design Skills, LD-Skills) in verschiedenen Ländern näher untersucht und Konsequenzen insbesondere für die Berücksichtigung kultureller Einflussfaktoren aufgezeigt. Der positive Einfluss der Entwicklung der Problemlösekompetenz der Schülerinnen und Schüler durch die Förderung des Gebrauchs der inquiry- (Gräber et al., 2002) und problemorientierten (Funke, 2010; Schmidkuntz & Lindemann, 2003) Vorgehensweise (Heitzmann, 2010; Kirchner & Dittmer, 2004; Schwarz et al. 2009) soll gestärkt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, werden Trainingseinheiten für die teilnehmenden Lehrkräfte entwickelt, u.a. dazu, wie naturwissenschaftliche Unterrichtsentwürfe entsprechend gestaltet werden können.

Anliegen

Die Bildungsdebatten der letzten Jahre (TIMSS, 2002; PISA, 2004) und die aktuellen Bemühungen (KMK, 2003/04) um die Verbesserung der Leistungen der Schülerinnen und Schüler fokussieren auf die Situationen in den Schulen. Die Ausbildung an den Hochschulen wird dagegen weniger, die Weiterbildung nach der Ausbildung sogar eher selten thematisiert. Für die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen hat die fachdidaktische Forschung mittlerweile mehrere Wege aufgezeigt, wie diese durch geeignete Lernumgebungen gefördert werden können (Hofstein, 2007; Klahr, 2000; NRC, 2012). Diese sind jedoch umso leichter in den Alltag zu implementieren, je passgenauer sie auf die jeweiligen Situationen in den Klassen abgestimmt sind.

Theoretischer Rahmen

In diesem Projekt sollen Lehrerinnen und Lehrer angeleitet werden, Lernumgebungen für ihre individuelle Situation an ihren Schulen, ausgehend von den forschungsbasierten Erkenntnissen der Fachdidaktik, zu konstruieren. Dabei wird zum einen auf die Ergebnisse des DFG geförderten Projekts „Förderung der Transferkompetenz“ (TIE 336/6-1) zurückgegriffen, zum anderen sollen die Lehrerinnen und Lehrer aber auch an den „Best Practice“ Beispielen von Scientific Inquiry Ansätzen ihrer europäischer Kollegen partizipieren.

Design

Über eine Projektdauer von 24 Monaten werden Lehrerinnen und Lehrern in Berliner Schulen Workshops angeboten, in denen die Gestaltung von Lernumgebungen zur Förderung der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung thematisiert wird. Sie umfassen jeweils Gruppen von ca. 24 Lehrerinnen und Lehrern und werden jeweils für einen Nachmittag an den Schulen bzw. im ProMINT-Kolleg der Humboldt-Universität durchgeführt.

Workshop

Abstraktion und Verallgemeinerung einer speziellen Situation gelten als Voraussetzung für die Übertragung erworbener Kenntnisse und Strategien auf einen neuen Sachverhalt. Diese Transferfähigkeit ist gleichsam das Maß für den erfolgreichen Aufbau einer Problemlöse-

kompetenz. Die Fähigkeit zum Lösen von Problemen zählt zu den zentralen Kompetenzen, die im naturwissenschaftlichen Unterricht erworben werden sollen. Der Erfolg bei der Vermittlung dieser Kompetenz kommt dabei unter anderem in der Transferierbarkeit der gewonnenen Fähigkeiten auf neue Sachverhalte zum Ausdruck. Wie jedoch in vielen Unterrichtssituationen zu beobachten ist, scheitert diese Übertragung häufig. Das Ziel des Projektvorhabens ist daher die Förderung der Transferkompetenz durch Entwicklung von entsprechenden Problemlöseschemata am Beispiel naturwissenschaftlicher Inhalte und deren Einsatz als implizite Lernstrategie (vgl. Bley & Tiemann, 2010).

Das Problemlöseschema wird so konstruiert, dass für die einzelnen Komponenten des Problemlösens die Abstraktion und Verallgemeinerung explizit thematisiert und eine deutliche Strukturierung des Problemlöseverlaufs erkennbar wird.

In den Workshops für die Lehrerinnen und Lehrer sowie Lehramtsstudierenden an den Universitäten der Projektpartner wird das FOPDA-Schema (vgl. Tab. 1) als naturwissenschaftliche Arbeitsweise erprobt und in Zusammenarbeit mit den Workshopteilnehmern weiterentwickelt.

Arbeitsschritte	Vorgehensweise	
beobachten & fragen	F	Fragestellung entwickeln
recherchieren & vermuten	O	Organisation der Informationen
planen & modellieren	P	Planung der Vorgehensweise
experimentieren & prüfen	D	Durchführung des Planes
auswerten & präsentieren	A	Analyse der Ergebnisse

Tab. 1: Die naturwissenschaftliche Arbeitsweise – Verfahren nach dem FOPDA-Schema (vgl. Bley & Tiemann, 2010; Klahr, 2000)

Evaluation der Workshops

Die Workshops, welche von den Projektpartnern durchgeführt werden, werden mit Hilfe eines Fragebogens im Prä/Post-Design evaluiert. Der Fragebogen erfasst neben soziodemographischen Daten und solchen über das jeweilige Schulsystem, die Sicht auf Erkenntnisgewinnung. Die erhobenen Daten der Workshops der Teilnehmerländer werden nach Abschluss des Projekts in einem umfangreichen Bericht gegenübergestellt und veröffentlicht.

Projektpartner



Ellinogermaniki Agogi School
www.ea.gr
 Humboldt-University of Berlin
www.hu-berlin.de
 University of Vienna
www.univie.ac.at
 MENON Network EEIG
www.menon.org
 Dokuz Eylul University
www.deu.edu.tr
 University of Shumen
www.shu-bg.net

Abb. 1: Teilnehmerländer des LD-skills-Projekts

Projektförderung

Education and Culture DG

Lifelong Learning Programme

*Abb. 2: Förderung des LD-skills-Projekts***Literatur**

- Bley, S. & Tiemann, R. (2010). Lernstrategien im Chemieunterricht – ein Werkstattbericht. In S. Bernholt (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik*. GDCP Jahrestagung in Dresden 2009. Münster: Lit Verlag, 170-172
- Funke, J. (2010). Complex problem solving: A case for complex cognition? *Cognitive Processing*, 11 (2), 133-142
- Gräber, W. & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy – Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & T. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy*. Opladen: Leske + Budrich, 7-20
- Heitzmann, A. (2010). Die „Natur“ der Naturwissenschaft hinterfragen. In P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaften konkret*. Bern: Verlag Haupt, 211-225
- Hofstein, A. (2007). *Chemistry Education. Research and Practice*, 8, 105-107
- Kirchner, E. & Dittmer, A. (2004). Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – ein Überblick. In C. Hößle, D. Höttecke & E. Kirchner (Hrsg.), *Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften*. Hohengehren: Schneider Verlag, 2-22
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science. The Cognition and Development of Discovery Processes*
- KMK (Hrsg.) (2003). *Vereinbarung über Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss für die Fächer Deutsch, Mathematik, erste Fremdsprache (Englisch/Französisch)*. Berlin
- KMK (Hrsg.) (2004). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz. Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*. Berlin
- NRC (Hrsg.) (2012). *Framework K-12 Science Education*, National Research Council (NRC), State of Washington
- PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.) (2004). *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann
- Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (2003). *Das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren, Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. 6. Aufl. Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 632-654
- TIMSS (Hrsg.) (2002). *Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn*. Bd. 1. Opladen: Verlag für Sozialwissenschaften

Mechanik spielend lernen? Eine Studie auf der Basis eines Computerspiels

Einleitung

Verschiedene Studien zeigen, dass Physik für viele Schülerinnen und Schüler ein unbeliebtes Fach ist (z. B. Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998). Mit dem geringen Interesse am Fach Physik geht häufig ein mangelndes Interesse an fachspezifischen Inhalten einher. Ein Ansatzpunkt für eine Unterstützung des Interesses liefert eine Studie von *IBM Global Business Services*, in der unter anderem die Akzeptanz von Computerspielen und Online-Spielen untersucht wird. Demnach stößt das Medium Computerspiel bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen bis 20 Jahre auf großes Interesse (Rudinger, Rietz, Krüger & Schmitz, 2006).

Dieser Befund legt nahe, das Interesse speziell an Computerspielen zu nutzen, um Lerninhalte zu vermitteln. Im Rahmen unseres Projekts sollte speziell überprüft werden, ob es anhand eines Lernspiels möglich ist, Schülerinnen und Schülern der sechsten Jahrgangsstufe wichtige Inhalte der Newtonschen Mechanik zu vermitteln. Dazu wurde von uns das Computerspiel *Adventure Minigolf* programmiert, in dem die Bewegung einer Kugel nach Verlassen einer Kreisbahn thematisiert wird.

Der Grundgedanke ist, dass die Schülerinnen und Schüler während des Spielens durch einen inzidentellen Lernprozess gewissermaßen beiläufig etwas über die Bewegung von Körpern beim Verlassen einer Kreisbahn lernen.

Derartige Bewegungen sind bei zahlreichen Schülerinnen und Schülern mit gravierenden Fehlvorstellungen verbunden (Müller, Wodzinski & Hopf, 2011). Eine bedeutsame Fehlvorstellung kann durch die Dominanz der Zentrifugalkraft bei einer Kreisbewegung beschrieben werden. Demnach würde ein Auto beispielsweise nach außen gezogen werden, wenn es aus einer Kurve flöge. Die Begründung dafür ist häufig, „dass man beim Durchfahren einer Kurve ebenfalls nach außen gedrückt wird“. Eine weitere wichtige Fehlvorstellung bezieht sich auf das Beibehalten von Bewegungsmustern. So würde z.B. ein rotierender Körper seine Drehbewegung fortführen, auch wenn die Zentripetalkraft nicht mehr wirkte.

Eine Studie von Bannert hat ergeben, dass sich eine Unterstützung in Form von kognitiven Lernhilfen im Zusammenhang mit netzbasiertem Lernen als lernförderlich erweisen kann (Bannert, 2003). Um zu überprüfen, ob und in welcher Form eine Lernhilfe innerhalb unseres Computerspiels den Lernprozess unterstützt, wurden drei verschiedene Arten von kognitiven Lernhilfen in *Adventure Minigolf* implementiert.

Methode

Spielgestaltung

Bei der Konzeption des Spiels wurde nach Möglichkeit darauf geachtet, wichtige Befunde aus der Literatur bezüglich digitaler Lernspiele zu berücksichtigen. Der Kontext von *Adventure Minigolf* stellt eine abgewandelte Form des bekannten Minigolfs in einer dreidimensional gestalteten Welt dar. Es wird angenommen, dass dieser Kontext für Jugendliche unabhängig vom Geschlecht interessant ist. Das Ziel des Spiels ist es, eine rotierende Kugel im passenden Moment durch Drücken einer Taste freizugeben, sodass sie geradlinig in ein Loch rollt. Treffer werden mit Punktzahlen belohnt.

Design der Studie

Die Stichprobe umfasst 348 Schülerinnen und Schüler der sechsten Jahrgangsstufe niedersächsischer Gymnasien, die hinsichtlich der thematisierten Inhalte noch keinen einschlägigen Vorunterricht erfahren haben. Dadurch sollte möglichst sichergestellt werden, dass relevantes Vorwissen aufgrund von Unterricht nicht vorhanden ist. Der Durchführungszeitraum lag zwischen Mitte Dezember 2011 und Ende Januar 2012.

Das Hauptaugenmerk richtete sich auf zwei Fragestellungen:

- Ist es möglich, durch das Spielen von *Adventure Minigolf* physikalische Inhalte inzidentell zu erlernen?
- Ist der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler mit Hilfe von Lernhilfen positiv zu beeinflussen?

Hinsichtlich der Lernhilfen wurde zwischen einer grafischen Lernhilfe und einer Kombination aus grafischer und textbasierter Lernhilfe unterschieden. Es sollte so zusätzlich überprüft werden, ob es Unterschiede bezüglich der Effektivität verschiedener Arten von Lernhilfen gibt.

Nach der Bearbeitung eines Vortests während des Unterrichts wurde den Schülerinnen und Schüler in der darauf folgenden Physikstunde eine von drei verschiedenen Spielversionen (1. Ohne Lernhilfe; $N = 113$; 2. Grafische Lernhilfe; $N = 114$; 3. Sowohl grafische als auch textbasierte Lernhilfe; $N = 121$) zufällig zugewiesen. Zusammen mit den Angaben zur eigenen Person (Codename, Geschlecht, Alter, Klasse) wurden der Spielerfolg sowie verschiedene Fragebogenskalen und schließlich das Resultat eines Wissenstests in einer Datenbank abgespeichert.

Ergebnisse und Diskussion

Um die beiden Fragestellungen zu prüfen, wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. Wie man anhand von Abbildung 1 erkennt, schneiden die Schülerinnen und Schüler im Nachtest signifikant besser ab als im (identischen) Vortest ($p < ,001$, $F(1,345) = 55$). Die Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Messzeitpunkten beträgt durchschnittlich 0,36 Punkte entsprechend einer Steigerung von 0,91 auf 1,27 Punkte (maximal 2 Punkte). Die Effektstärke beträgt $d = 0,50$. Dies indiziert einen mittleren Effekt des Lernzuwachses.

Dieser Lernzuwachs zeigt sich jedoch nur in spielnahen Situationen mit ähnlichen Bewegungsmustern wie im Spiel. Ein Transfer auf Aufgaben mit anderen Oberflächenmerkmalen findet bei vielen Schülerinnen und Schülern nicht statt, vermutlich weil beim Spielen übergeordnete Prinzipien, wie z.B. das Trägheitsprinzip, nicht gelernt werden.

Es hat sich außerdem gezeigt, dass die Art der kognitiven Lernhilfe keinen Einfluss auf die Testleistungen besitzt ($F(2, 345) < 1$, $p > ,50$). Auch wurde keine Interaktion zwischen Wissenszuwachs und Art der Lernhilfe gefunden ($F(2, 345) < 1$, $p > ,50$).

Die Teststärke zur Aufdeckung eines mittleren Effekts ($d=0,50$) beträgt $1 - \beta = 99\%$. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 99% kein pädagogisch relevanter Effekt von den verschiedenartigen Lernhilfen induziert wird.

Das Computerspiel *Adventure Minigolf* war für die Schülerinnen und Schülern motivierend. Auf einer 5-stufigen Skala haben Schülerinnen ihre intrinsische Motivation mit einem Wert von 4,19 (0,99) angegeben. Der entsprechende Wert der Schüler beträgt 4,13 (1,08). Die selbstberichtete intrinsische Motivation ist damit vergleichsweise hoch. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern besteht nicht ($F(1, 346) < 1$, $p = ,45$).

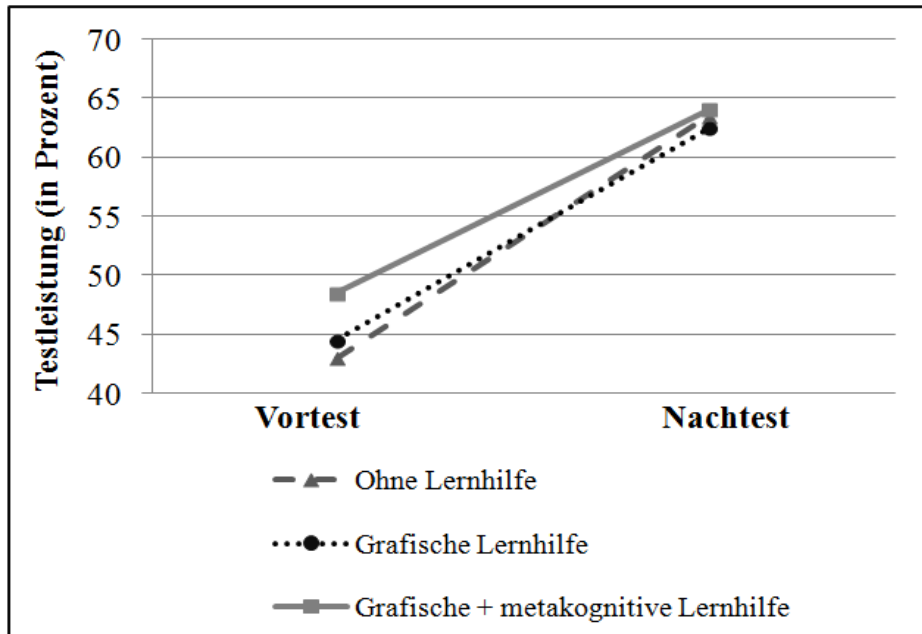


Abb. 1: Testleistung im Vor- und Nachtest in Abhängigkeit von der Art der Lernhilfe

Fazit

Schülerinnen und Schüler der 6. Jahrgangsstufe lernen beim Spielen des von uns entwickelten Computerspiels *Adventure Minigolf* einen wichtigen Aspekt Newtonscher Mechanik mit pädagogisch bedeutsamer Effektstärke gewissermaßen nebenbei („inzidentell“). Die angebotenen Lernhilfen konnten diesen Effekt jedoch nicht weiter verstärken. Dieses Ergebnis lässt sich auf verschiedene Art interpretieren. Möglicherweise benötigen Schülerinnen und Schüler die angebotenen Hilfen nicht, um erfolgreich zu lernen. Es könnte aber auch sein, dass die Hilfen nicht beachtet werden oder aber letztlich nicht geeignet sind. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, sowohl hinsichtlich der Art der Hilfen als auch hinsichtlich der Implementierung. Unter Umständen könnte es beispielsweise hilfreich sein, die Hilfen nur bei Bedarf zur Verfügung zu stellen, und damit die Spielerinnen und Spieler individuell zu fördern. Es bleibt außerdem zu prüfen, wie ältere Schülerinnen und Schüler die dargebotenen Hilfen verarbeiten würden.

Literatur

- Bannert, M. (2003). Effekte metakognitiver Lernhilfen auf den Wissenserwerb in vernetzten Lernumgebungen. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie*, 17 (1), 13-25
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN
- Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (2011). Schülervorstellungen in der Physik. Aulis Verlag Deubner
- Rudinger, G., Rietz, C., Krüger, T. & Schmitz, M. (2006). Konvergenz oder Divergenz? Erwartungen und Präferenzen der Konsumenten an die Telekommunikations- und Medienangebote von Morgen. Stuttgart: IBM
- 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 (3), 361-375

Hausaufgaben und Physiklernen

Einleitung

Das Internet ist Teil der Lebenswelt geworden. Über 50% der Jugendlichen nutzen es regelmäßig zum Lernen für die Schule. Dabei spielt die Informationsbeschaffung die größte Rolle: für Referate und Präsentationen und für die Bearbeitung von Hausaufgaben. Die tatsächliche Zeit, die bei diesen außerschulischen Lernaktivitäten aufgewendet wird, könnte zum Teil sogar in der Größenordnung der Unterrichtszeit liegen und damit einen Einfluss auf den Wissenserwerb haben. In den bisherigen Modellen der Unterrichtsforschung wird dies zwar nominell berücksichtigt (z.B. Helmke, 2010), Messungen der außerschulischen Lernzeit oder der außerschulischen „echten“ Lernzeit sind jedoch schwierig. Eine Möglichkeit zur Messung dieser Lernzeit bietet bei allen berechtigten Einwänden das Internet. Zum Beispiel können Hausaufgaben in ein Onlineportal gestellt und in diesem bearbeitet werden. Die Zeit, die dabei im Portal verbracht wird, kann zumindest als Indikator für die tatsächliche außerschulische Lernzeit interpretiert werden. Die „echte“ Lernzeit ist ein wichtiger Prädiktor für den schulischen Erfolg. Daher eignen sich die Optionen des Internets, die eine Verlängerung der Bearbeitungszeit der Hausaufgaben ermöglichen, als Variablen für Interventionsstudien. Eine zusätzliche Linkliste, die didaktisch mit den Hausaufgaben verknüpft ist, stellt eine solche Option dar. Ein im Kern einfaches Treatment-Kontrollgruppendesign bietet sich an. Die Kontrollgruppe soll dabei die Hausaufgaben in einem Portal ohne didaktisch aufbereitete Linkliste bearbeiten. Im Rahmen dieser Studie in der Domäne Physik können damit folgende Fragen untersucht werden: Wirken sich Hausaufgaben über die größere Lernzeit auf den Wissenserwerb aus? Wirken sich internetgestützte Hausaufgaben auf den Wissenserwerb beim Physiklernen aus?

Diese Studie ist Teil eines größeren Projektes, das insgesamt die Rolle von Hausaufgaben im Physikunterricht untersucht – ein größtenteils unbearbeitetes Forschungsfeld. Das Fach Physik vertritt hier in der Perspektive der Hausaufgabenforschung als Teil der Bildungsforschung exemplarisch die kleinen Fächer, die bisher nicht im Fokus der Hausaufgabenforschung standen.

Stand der Forschung

Internetnutzung: Kurz und knapp lässt sich sagen, dass die technische Entwicklung das Vorhaben der Messung der außerschulischen Lernzeit insgesamt begünstigt. Fast allen Jugendlichen im Alter zwischen 12 und 19 Jahren steht in ihrem häuslichen Umfeld ein Computer mit Internetzugang zur Verfügung, den sie auch zum außerschulischen Lernen im WorldWideWeb nutzen (Behrens et al., 2011, S. 30).

Internetgestützte Hausaufgabenbearbeitung im Fach Physik: Zur domänenspezifischen Internetnutzung im Fach Physik im deutschsprachigen Raum, aber auch in der internationalen Literatur, liegen nur wenige empirische Befunde vor. Schröter & Erb (2006) identifizieren für das Fach Physik mit einer Fragebogenuntersuchung die vorrangige Tätigkeit der Internetrecherche zur Informationsbeschaffung. Dabei nutzen mehr als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler das Internet nicht zum Physiklernen. Ein Drittel recherchiert pragmatisch nach Informationen und nur eine kleine Gruppe bewegt sich motiviert und regelmäßig im Netz, um Physik zu lernen. Allerdings sollte sich unter Beachtung der allgemeinen Daten der JIM-Studie auch die Häufigkeit der Nutzung des Internets zum außerschulischen Physiklernen gesteigert haben.

Hausaufgabenforschung: In zwei Metaanalysen von US-amerikanischen experimentellen und nicht experimentellen Studien zur Wirkung von Hausaufgaben errechnen Cooper (1989) und Cooper, Robinson & Patall (2006) den Zusammenhang zwischen der Bearbeitung von Hausaufgaben und der Schulleistung mit kleinen bis mittleren Effektstärken. Trautwein (2008, S. 565) präzisiert die generellen Ergebnisse für den Mathematik- und Fremdsprachenunterricht der Sekundarstufe I:

- Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Hausaufgabenvergabe und der Lernleistung: Regelmäßige Hausaufgaben sind effektiver.
- Es besteht ein unwesentlicher Zusammenhang zwischen dem Hausaufgabenumfang und der Lernleistung.
- Das Hausaufgaben-Engagement (Anstrengung, Konzentration) hat einen positiven Einfluss auf die Leistungsentwicklung.

Darüber hinaus ist die Qualität des Hausaufgabenangebots für den Lernerfolg entscheidend (z.B. Trautwein et al., 2009). Je höher Schülerinnen und Schüler die Qualität der Hausaufgaben eingeschätzten, desto größer sind ihre Motivation und ihre Anstrengungsbereitschaft bei der Hausaufgabenbearbeitung. Außerdem weisen Sumfleth & Nicolai (2008) darauf hin, dass die positiven Effekte der Hausaufgabenforschung besonders in höheren Klassenstufen zum Tragen kommen. Insgesamt lässt sich also ein Zusammenhang zwischen Lernleistung und Hausaufgaben konstatieren, wenn bestimmte Randbedingungen erfüllt werden. Direkte Messungen der Hausaufgabenbearbeitungszeit liegen nicht vor.

Hausaufgaben in der Physikdidaktik: Die Physikdidaktik scheint die praktische Frage der Hausaufgaben im Physikunterricht vernachlässigt zu haben. Gängige und aktuelle Lehrwerke zur deutschsprachigen Physikdidaktik weisen Hausaufgaben nicht als eigenständiges Thema aus (z.B. Kircher, Girwidz & Häußler, 2009; Hopf, Schecker & Wiesner, 2011). Recherchen in den einschlägigen deutschen Datenbanken (Physdat, ZfDN, PhyDid) ergeben ein ähnliches Bild. Daraus lässt sich folgern, dass Hausaufgaben in der deutschsprachigen Physikdidaktik selten ein Thema waren und nicht empirisch untersucht wurden. Für die Chemiedidaktik liegen Studien zur Funktion der Hausaufgaben im Unterricht und Interventionsstudien vor. Nicolai (2005) konnte in einer Interventionsstudie zeigen, dass Schüler/innen unter bestimmten Voraussetzungen von einer kooperativen Hausaufgaben erledigung (Eltern-Kind-Interaktion) profitieren können. Kieren (2008) beschreibt in einer Studie zur Hausaufgabenpraxis, dass die Mehrheit der befragten Lehrkräfte Hausaufgaben im Chemieunterricht einsetzt (vgl. Sumfleth, Kieren & van Ackeren, 2011). Für den Physikunterricht hingegen liegen keine Daten zur aktuellen Hausaufgabenpraxis vor.

Forschungsfragen

Insgesamt zeigt sich eine Forschungslücke für das Thema Hausaufgaben im Physikunterricht. Dabei ist wenig über die Verwendung des Internets bei der Physikhausaufgabenbearbeitung bekannt. Ein Einfluss von Hausaufgaben sowie von internetbasierten Hausaufgaben auf den Wissenserwerb im Fach Physik ist ebenfalls nicht untersucht. Direkte Messungen der Bearbeitungszeiten für Physikhausaufgaben liegen nicht vor.

Daher können folgende weite und enge Forschungsfragen gestellt werden:

- Wie gehen Physiklehrerinnen und -lehrer mit dem Instrument der Hausaufgaben um? Werden regelmäßig Hausaufgaben gegeben? Finden die Schülerinnen und Schüler die Hausaufgaben hilfreich? U.a.
- Nutzen Schülerinnen und Schüler das Internet für die Physikhausaufgaben?
- Haben internetgestützte Hausaufgaben einen Einfluss auf den Wissenserwerb beim Physiklernen?

Studien

Eine Erhebung soll das erste Forschungsfragenkonglomerat und die zweite Forschungsfrage klären. Kurz gesagt sollen eine Reihe von Standardvariablen der empirischen Bildungsforschung und der Hausaufgabenforschung erhoben werden. Eine Mehrebenenanalyse kann dann bei entsprechendem Stichprobenumfang z.B. Zusammenhänge zwischen dem Einsatz von Hausaufgaben im Unterricht, der häuslichen Internetnutzung und der Motivation der Schülerinnen und Schüler im Fach Physik untersuchen. Eine zweite Studie soll den Einfluss sowohl der Hausaufgaben als auch der internetgestützten Hausaufgaben auf den Wissenserwerb beim Physiklernen untersuchen. Aus pragmatischen Gründen wird das Themengebiet Wärmelehre gewählt. Der Stichprobenumfang soll auch hier eine Mehrebenenanalyse zulassen. In dieser zweiten Studie wird insbesondere die Bearbeitungszeit für die Hausaufgaben über die Loginzeiten in einem Onlineprotal gemessen. Die Loginzeiten sind zumindest ein erster Indikator. Die abhängige Variable ist der Wissenszuwachs. Die Mehrebenenanalyse erlaubt die Berücksichtigung einer Intervention als dichotome Variable: Bearbeitung der Hausaufgaben unter Verwendung einer Linkliste in den Ausprägungen Linkliste vorhanden/ Linkliste nicht vorhanden. Die Hausaufgaben sollen nach dem Stand der Forschung sinnvoll in den Unterricht eingebettet sein, regelmäßig gestellt und vollständig bearbeitet werden. Die Bearbeitungszeit kann entweder einen direkten oder einen moderierenden (Crosslevel-Interaktionen) Einfluss zeigen. Die Treatmentklassen erhalten eine vorstrukturierte Internetlinkliste mit dem expliziten Hinweisen, diese auch zu verwenden. Linklisten können auch im schulpraktischen Alltag von Lehrpersonen schnell erstellt werden und könnten sich damit als praxistaugliches Instrument erweisen.

Hinweis: Gefördert durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Baden-Württemberg: Kooperatives Promotionskollegs „Effektive Lehr-Lernarrangements – Intervention und Evaluation in der pädagogischen Praxis“ der Universität Tübingen und der PH Ludwigsburg.

Literatur

- Behrens, P., Rathgeb, T., Ebert, L., Feierabend, S. & Karg, U. (2011). JIM-Studie 2011. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger. Stuttgart: MPFS. Online-Quelle: <http://www.mpfs.de/fileadmin/JIM-pdf11/JIM2011.pdf>, Stand: 10/2012
- Cooper, H. (1989). Homework. White Plains, NY: Longman
- Cooper, H., Robinson, J. C. & Patall, E. A. (2006). Does Homework improve academic achievement? A synthesis in research, 1987-2003. Review of Educational Research, 76, 1-62
- Helmke, A. (2010). *Unterrichtsqualität*. Seelze: Kallmeyer
- Hopf, M., Schecker, H. & Wiesner, H. (Hrsg.) (2011). Physikdidaktik kompakt: Physikdidaktik kompakt. Köln: Aulis Verlag
- Kieren, C. (2008). Chemieaufgaben in der Sekundarstufe I des Gymnasiums. Fragebogenerhebung zur gegenwärtigen Praxis und Entwicklung eines optimierten Hausaufgabendesigns im Themenbereich Säure-Base. Berlin: Logos Verlag
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.) (2009). Physikdidaktik: Theorie und Praxis (Springer-Lehrbuch). Berlin: Springer
- Nicolai, N. (2005). Skriptgeleitete Eltern-Kind-Interaktion bei Chemieaufgaben. Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Säure-Base. Berlin: Logos Verlag.
- Schröter E. & Erb R. (2006). Befassen sich Jugendliche im Internet mit Physik? *PhyDid*, 2/5, 105-116
- Sumfleth, E. & Nicolai, N. (2008). Hausaufgaben. *MNU*, 61, 195-199
- Sumfleth, E., Kieren, C. & van Ackeren, I. (2011). Hausaufgabenpraxis im Gymnasium – Empirische Befunde am Beispiel eines ‚Nebenfachs‘. *Die Deutsche Schule*, 103 (3), 252-267
- Trautwein, U. (2008). Hausaufgaben. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Handbuch der Pädagogischen Psychologie*. Göttingen: Hogrefe Verlag, 563-576
- Trautwein, U., Niggli, A., Schnyder, I. & Lüdtke, O. (2009). Between-teacher differences in homework assignments and the development of students' homework effort, homework emotions, and achievement. *Journal of Educational Psychology*, 101, 176-189

Eye-Tracker-Untersuchung zu Gestaltungsprinzipien einer Animation

Zur Funktionsweise einer Kolbenpumpe wurde eine Animation erstellt, die unter anderem das Kohärenz-, Vorübungs- und Segmentierungsprinzip für die Gestaltung multimedialer Lernumgebungen berücksichtigte. Als Vorlage für die Animation diente ein Modell einer Kolbenpumpe des Deutschen Museums (s. Abb. 1). Die Wirksamkeit der drei ausgewählten Gestaltungsprinzipien wurde mit Hilfe eines Eye-Trackers untersucht. An der Laborstudie nahmen 30 Probanden teil.

Die Ergebnisse der Auswertung bestätigten das Kohärenz- und Vorübungsprinzip. Es konnte z.B. gezeigt werden, dass sich das Weglassen von nicht relevanten Bauteilen günstig auf die Wahrnehmung relevanter Bauteile auswirkt. Das Segmentierungsprinzip ließ sich nicht bekräftigen. Ein Erklärungsansatz für dessen Wirkungslosigkeit könnte das langsame Abspielen der Animation sein, das den Effekt des Segmentierungsprinzips beeinträchtigte.

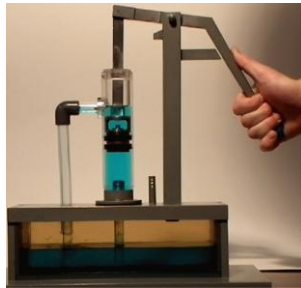


Abb. 1: Kolbenpumpenmodell des Dt. Museums

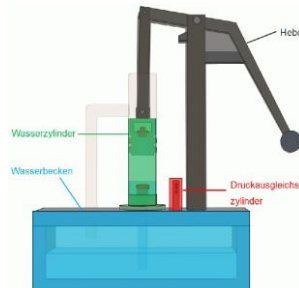


Abb. 2: Nachzeichnung der Kolbenpumpe

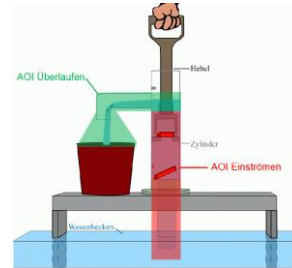


Abb. 3: Vereinfachte Darstellung der Kolbenpumpe

Hypothesen

Zum Kohärenzprinzip wurde untersucht, ob sich das Weglassen des Druckausgleichszylinders (s. Abb. 2) bei gleichzeitiger Öffnung des Wasserbeckens (s. Abb. 3) auf die Wahrnehmung der relevanten Bauteile auswirkt. Es wurde angenommen, dass der Druckausgleichszylinder eine attraktive AOI (Area of Interest) darstellt und daher Betrachtungszeit beansprucht. Sein Ausblenden führt zu mehr Betrachtungszeit für wichtigere Schlüsselteile (H1).

Das Vorübungsprinzip wirkt, falls Schüler relevante Schlüsselteile vor dem Abspielen der Animation in einer ruhenden Darstellung der Kolbenpumpe wahrnehmen. Entsprechend wurde vermutet, dass die Probanden diese vereinfachte Darstellung der Kolbenpumpe nutzen, um die Schlüsselteile des Bildes wahrzunehmen (H2).

Das Segmentierungsprinzip wirkt, wenn die durchschnittliche Wahrnehmung der definierten AOI abhängig von der Aufteilung der einzelnen Pumpphasen ist. Es wurde angenommen, dass durch das Einfügen kurzer Pausen zwischen den Pumpphasen die definierte AOI länger betrachtet wird (H3).

Methodik

Die Studie war als labornaher Versuch angelegt. Dazu wurden die Probanden einzeln in einem Klassenzimmer ihrer Schule nacheinander getestet. Die Versuchsdauer betrug für jeden Probanden neun Minuten.

Um die dritte Hypothese zu untersuchen, wurde ein einfaktorielles, zweifach gestuftes Untersuchungsdesign realisiert. Die unabhängige Variable war die Segmentierung der Animation. In der ersten Version wurde die Animation in einzelne Phasen segmentiert (G1), in der zweiten lief die Animation ohne Pause durch (G0). Die Teilnehmer wurden randomisiert auf die beiden Gruppen G0 und G1 verteilt. Zur Untersuchung der Hypothese wurden zwei abhängige Variablen erhoben, die jeweils erfassten, ob die Schüler auf die festgelegten AOIs der Animation aufmerksam wurden. Die erste gab die Blickdauer auf den einzelnen AOIs in Sekunden an, die zweite nahm die Anzahl der Fixierungen der einzelnen AOIs auf.

Ergebnisse

Ergebnisse zum Kohärenzprinzip

AOIs wurden zu den Schlüsselteilen der Animation, die für die Funktionsweise der Kolbenpumpe relevant sind, und zum Druckausgleichszylinder erstellt. Die Hypothese H1 wird gestützt, falls die AOI „Druckausgleichszylinder“ von den Schülern wahrgenommen wird und dadurch die Aufmerksamkeit von den relevanten Schlüsselteilen abzieht.

Ergebnisse der Analyse ergaben, dass die Wahrnehmung der AOI „Wasserzylinder“ dominant war ($M = .54$, $SD = .16$). Dies war auch so gewollt, denn hier liefen die entscheidenden Schritte des Pumpvorgangs ab. Außerdem richteten sich durchschnittlich sieben Prozent ($SD = .05$) der Fixierungen auf die AOI „Druckausgleichszylinder“ und durchschnittlich neun Prozent ($SD = .05$) der Fixierungen auf die AOI „Wasserbecken“.

Der Vergleich zwischen der Fläche der AOI „Wasserbecken“ und der viel geringeren Fläche der AOI „Druckausgleichszylinder“ verdeutlicht die Attraktivität des Druckausgleichszylinders als Fixationspunkt. Es fixierten 83 Prozent – und damit ein Großteil der Jugendlichen – den Druckausgleichszylinder mindestens ein Mal. Die Vermutung auf ein Wirken des Kohärenzprinzips wird somit unterstützt.

Ergebnisse zum Vorübungsprinzip

Nach dem Vorübungsprinzip verbessert sich die Lernleistung, wenn der Lernende die Bezeichnungen und charakteristischen Eigenschaften der wichtigsten Begriffe kennt (Mayer, 2009). Wichtige Fachbegriffe, die auch Bestandteil der Animation sind, wurden vorab in einer unbewegten Darstellung visualisiert. Zu klären war, ob die relevante Schlüsselteile und deren Benennung bereits im ruhenden Bild wahrnehmen werden. Zur Überprüfung von H2 erfolgte eine Auswertung mittels Attentional Landscape, Sinnbild und Scanpath.

Damit konnte die Dauer, mit der ein Versuchsteilnehmer einen Teilbereich des Bildschirms betrachtete, dargestellt werden. Es zeigte sich, dass die Schüler die Bildbereiche fixierten, die wesentlich zum Verständnis des Pumpvorgangs beitragen (s. Abb. 4).

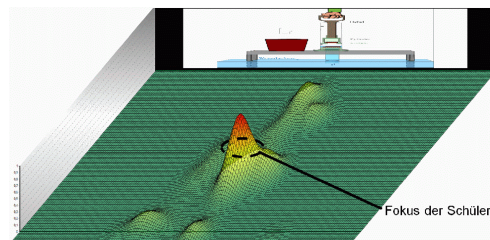


Abb. 4: Attentional Landscape

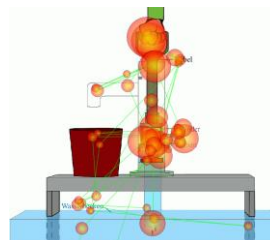


Abb. 5: Exemplarischer Scanpath

Die Scanpath-Analyse (s. Abb. 5) zeichnete die Blickbewegungen jeder einzelnen Person auf. Der abgebildete Scanpath eines Schülers verdeutlichte einen häufigen Wechsel

zwischen den einzelnen Bildbereichen. Besonders intensiv wurde der relevante Bereich zwischen den Ventilen und dem Hebel betrachtet.

Ergebnisse zum Segmentierungsprinzip

Die Ergebnisse der t-Tests ergaben signifikante Unterschiede in der Blickdauer auf bestimmte AOIs zwischen der Gruppe, die eine ohne Pausen durchlaufende Animation betrachtete und jener, die eine durch Pausen segmentierte Animation ansah. Die AOI „Einströmen“ wurde von der Gruppe, die die durchlaufende Animation ansah, weniger intensiv betrachtet ($M = .17$, $SD = .18$) als von der Gruppe, die die Animation segmentiert präsentiert bekam ($M = .46$, $SD = .24$). Das Ergebnis des t-Tests fiel signifikant aus und die ermittelte Effektstärke lag im hohen Bereich ($t_{(emp; 26)} = -3.61$, $\sigma = .00$, $d = 0.39$). Der für die Funktionsweise der Kolbenpumpe entscheidende Bereich, ist die AOI „Überlaufen“. Die Gruppe, die die Animation durchlaufend ansah, betrachtete diesen Bereich in 70 % der verfügbaren Zeit ($SD = .19$). Im Vergleich dazu sah die zweite Gruppe in 45 % der verfügbaren Zeit auf diesen Bereich ($SD = .21$). Das Ergebnis des t-Test fiel signifikant aus und die Effektstärke lag im hohen Bereich ($t_{(emp; 26)} = 3.22$, $\sigma = .00$, $d = -1.24$).

Diskussion

Diskussion zum Kohärenzprinzip

Die AOI „Druckausgleichszylinder“ wurde ähnlich oft betrachtet wie das größere „Wasserbecken“. Außerdem nahmen 80% der Untersuchungsteilnehmern die AOI „Druckausgleichszylinder“ mindestens einmal wahr. Beides spricht für die visuelle Attraktivität dieses relativ kleinen Bereiches. Die Hypothese H1 kann also gestützt werden. Es ist sinnvoll, dieses Detail auszublenden, da es am Anfang für das Grundverständnis nicht wesentlich ist.

Diskussion zum Vorübungsprinzip

Die Auswertung lieferte Hinweise darauf, dass die Schüler wichtige Teile der Grafik im Rahmen des Vorübungsprinzips erkannten und fixierten. Der Fokus lag dabei auf dem als relevant eingestuften Bereich zwischen den Ventilen und dem Kolbeninneren. Die gemessene Aufmerksamkeitsgewichtung erleichterte es den Schülern später, den dynamisch ablaufenden Pumpprozess zu verstehen. Die Ergebnisse stützten H2.

Diskussion zum Segmentierungsprinzip

Die Werte für Blickdauer und Anzahl der Fixierungen zeigten bezüglich der AOI „Überlaufen“ einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen mit und jenen ohne Segmentierung. Allerdings nahm die Gruppe, bei der die Animation ohne Pause durchlief, die AOI „Überlaufen“ öfter und intensiver wahr als die Gruppe, die die Animation segmentiert betrachtete. Das Ergebnis überraschte, da die Segmentierung zu einer intensiveren Betrachtung der relevanten Bereiche hätte führen sollen.

Mögliche Erklärungsansätze für die fehlende Wirkung des Segmentierungsprinzips könnten die nicht erfüllten oder nur unzulänglich erfüllten Randbedingungen für dieses Prinzip sein. Nach Mayer (2009) tritt das Segmentierungsprinzip am wahrscheinlichsten auf, wenn

- der Lerninhalt komplex ist,
- die Präsentation schnell abläuft und
- die Lernenden unerfahren mit den dargestellten Inhalten sind.

Die ersten beiden Randbedingungen wurden nur unzureichend erfüllt; die Ergebnisse sprechen also nicht zwingend gegen das Segmentierungsprinzip. Bei einer komplexeren Darstellung und einem schnelleren Animationsablauf ist nach wie vor zu vermuten, dass sich das Segmentierungsprinzip vorteilhaft auf den Lernprozess auswirken kann.

Literatur

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning*. Cambridge, New York: Cambridge University Press

Das Modellbildungsprogramm Modellus 4 im Vergleich

Mit Hilfe von mathematischen Modellbildungsprogrammen kann das Rechnen von Standardaufgaben im Physikunterricht reduziert werden. Der Computer übernimmt nicht nur das Berechnen, sondern ermöglicht damit auch die Behandlung komplexerer Situationen, zu deren Berechnung die Schulmathematik nicht ausreicht.

Mittlerweile gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Programmen, mit denen man mathematisch modellieren kann (Ludwig, 2012; Ludwig & Wilhelm, 2013), und immer wieder gibt es neue. Teilweise sind sie auch freeware erhältlich. Welches man verwendet, hängt davon ab, auf welche Funktionen man Wert legt und ob das Programm besonders einfach zu bedienen sein soll. Modellus 4 ist ein recht neues Modellbildungsprogramm, das in Deutschland noch sehr unbekannt ist, und hier vorgestellt werden soll.

Verschiedene Modellbildungsprogramme

Grundsätzlich kann man die Modellbildungsprogramme auf unterschiedliche Arten kategorisieren (Lück & Wilhelm, 2011, S. 27). Zum einen kann man sie nach der Art der Ausgabe unterscheiden. Eine Ausgabe nur in Form von Diagrammen und Tabellen hat man in Tabellenkalkulationsprogrammen sowie in den Programmen Newton-II, Coach 6, STELLA, Dynasys, Powersim, Moebius und Tracker. Eine Ausgabe zusätzlich in Form von Animationen hat man in Modellus 4, in VPython und in Easy Java Simulations.

Zum anderen ist aber auch eine Unterscheidung nach der Art der Eingabe möglich. Hier sind zu nennen:

- Tabellenkalkulationsprogramme, wie z. B. Excel, Calc3 von Open Office
- Graphische Modellbildungsprogramme, die eine Eingabe mittels Symbolen und Verknüpfungen auf einer graphischen Oberfläche fordern, wie z. B. bei STELLA, Dynasys, Powersim, Coach 6, Moebius
- Gleichungsorientierte Programme, die die Eingabe der wesentlichen Gleichungen fordern, wie z. B. bei Newton-II oder Modellus 4, VPython, Tracker, Easy Java Simulations.

Das Modellbildungsprogramm Modellus 4

Modellus 4 ist ein gleichungsorientiertes Modellbildungssystem. Es unterscheidet sich von den anderen Programmen in der Art, wie die Bewegungsgleichungen eingegeben werden (siehe Abb. 1), besonders aber in der Ausgabe. Denn Modellus 4 kann nicht nur Graphen und Tabellen ausgeben, sondern auch Animationen, die sich entsprechend dem Modellverlauf verhalten (siehe Abb. 2). Modellus 4 ist kostenlos auf der Modellus-Website <http://modellus.fct.unl.pt> nach kurzer Registrierung erhältlich, was den Vorteil hat, dass es auch für die Schüler zu Hause nutzbar ist. Modellus 4 wurde in Portugal erstellt und ist bisher nur in Englisch, Spanisch, Portugiesisch sowie Niederländisch verfügbar, Versionen in Griechisch und Chinesisch sind geplant. Im Gegensatz zu anderen Modellbildungssystemen hat man im Modellfenster fast vollkommen freie Hand. Es gibt keine vorher festgelegten Symbole oder Gleichungen.

Unter dem Reiter „Table“ kann festgelegt werden, welche Größen die Wertetabelle auflistet. Des Weiteren können beliebig viele Graphen in leider nur einem Koordinatensystem gezeichnet werden. Was geplottet wird, kann man unter „Graph“ einstellen. Außerdem können unter anderem noch Bilder, veränderliche Variablen als Schieberegler sowie Notizen eingefügt werden. Leider kann man keine Stoppbedingung für die Berechnung festlegen, sondern nur unter „Independent Variable“ eine Zeit einstellen, nach der die Berechnung beendet

wird. Man muss also selbst die entsprechende Zeit abschätzen, bei der die Simulation stoppen soll.

Animationen mit Modellus 4

Die Besonderheit von Modellus 4 ist, dass es im Gegensatz zu den anderen Programmen auch Animationen ausgeben kann. Bei den Animationen handelt es sich um eine Anzahl vom Programm vorgegebener Objekte, die sich in x- bzw. in y-Richtung entsprechend einer vorher definierten Größe bewegen. Man kann so die Bewegung von Autos, Bällen, Menschen oder Planeten entsprechend der durch das Modell berechneten Werte animieren (Gutsch, 2011).

Um eine Animation zu erstellen, wird unter „Objects“ ein „Particle“ erstellt. Unter „Animate“ werden dann die Eigenschaften des Objekts definiert. Unter „Scale Unit“ kann man die Größe so anpassen, dass die Animation formatfüllend wird. Es gibt eine Reihe von Einstellungsmöglichkeiten, so können z.B. verschiedene Achsen oder die Spur des Objekts (siehe Abb. 2) angezeigt werden, um die Aussagekraft zu verstärken. In Kombination mit verschiedenen Schieberegler kann man so einfach unterschiedliche Extremfälle betrachten. Nun müssen die Schüler nicht erst Diagramme interpretieren, sondern sehen einfach an der Animation, dass ihr Modell nicht die gedachte Bewegung ergibt. Die Erfahrung zeigt, dass Schüler in der Regel bei den Kräften nur an den Betrag denken und nicht an deren Richtungen. So geben sie oft das falsche Vorzeichen, also die falsche Richtung, an. Dann fällt der Fußball zum Beispiel nach oben statt nach unten. Oder das Bungee-Seil beschleunigte den Springer stark weiter nach unten statt ihn abzubremsen. Oder in einem anderen Kontext, in dem sich die Bewegungsrichtung ändert, wird eine auftretende Reibung als konstant positiv bzw. negativ angenommen, obwohl sie immer gegen die Geschwindigkeitsrichtung gerichtet ist.

Jedoch ist die Erstellung des Modells und der Animation zeitaufwändig. Es ist aber auch möglich, im Unterricht Teile des Modells oder insbesondere die Animation vorzugeben, so dass das Modell nur noch vervollständigt werden muss.

Möchte man keine mathematische Modellbildung, sondern lediglich eine Simulation erstellen, wäre es auch möglich, direkt die Lösungen der Differentialgleichungen einzugeben, wie sie z.B. in der Formelsammlung für spezielle Bewegungen stehen, und sich dann Graphen oder Animationen ausgeben zu lassen. So kann man mit Modellus 4 auch einfach Animationen für den Unterricht erstellen, bei denen man nur noch Parameter variiert.

Mathematical Model

$$a_y = \frac{(FL_y + F_{-g})}{m}$$

$$a_x = \frac{FL_x}{m}$$

$$v = \sqrt{(v_x^2 + v_y^2)}$$

$$\frac{d v_x}{d t} = a_x$$

$$\frac{d x}{d t} = v_x$$

$$\frac{d v_y}{d t} = a_y$$

$$\frac{d y}{d t} = v_y$$

$$F_{-g} = -m \times g$$

$$FL = 0.5 \times c \times p \times A \times v^2$$

$$FL_x = -FL \times \frac{v_x}{v}$$

$$FL_y = -FL \times \frac{v_y}{v}$$

Abb. 1: Eingabe bei Modellus 4 (schiefer Wurf mit Luftreibung)

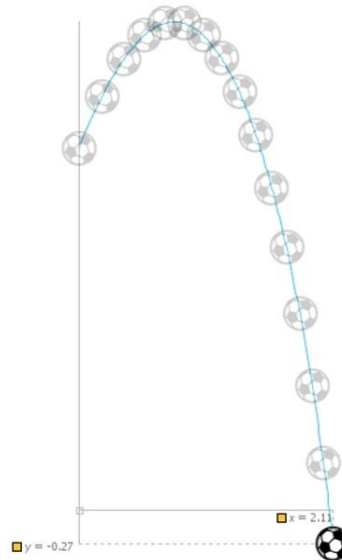


Abb. 2: Animation in Modellus 4 (schiefer Wurf mit Luftreibung)

Weitere Besonderheiten von Modellus 4

Auch wenn man mehrere Graphen anzeigen lassen möchte, ist es manchmal sinnvoll, den Graphen als Animation zu erstellen, denn Modellus 4 trägt alle Graphen im gleichen Koordinatensystem auf, wodurch es schnell unübersichtlich wird. Um solch einen Extra-Graphen zu erstellen, klickt man mit rechts einfach auf die Arbeitsfläche und wählt „add Pen“; dem erstellten Stift kann dann genauso, wie jedem anderen animierten Objekt auch, eine Bewegung in x- und y-Richtung zugewiesen werden. Der Stift kann auch ausgeblendet werden und es stehen auch verschiedene Linienarten zur Verfügung.

Auch bei Modellus 4 können beliebig viele veränderliche Parameter in Form von Schieberegler definiert und auf der Arbeitsfläche positioniert werden. Mit einem Rechtsklick auf die Arbeitsfläche werden sie unter „Add Level Indicator“ erstellt. Unter dem Reiter „Animate“ kann dann festgelegt werden, welche Variable der Schieberegler wiedergibt. Wird ein Schieberegler verändert, nachdem das Modell fertig berechnet wurde, muss es neu berechnet werden; der bisher angezeigte Graph wird überschrieben. Ein Schieberegler kann aber bei Modellus 4 auch verändert werden, während das Modell läuft; die neu eingestellten Werte werden dann direkt in die Berechnung übernommen.

Vergleich mit anderen Modellbildungsprogrammen

Mit Newton-II gibt es ein völlig anderes gleichungsorientiertes Modelbildungssystem, das eine One-Window-Applikation ist (Lück & Wilhelm, 2011). Newton-II besteht im Wesentlichen aus einem Anzeigebereich (auf der linken Seite), in dem die Ergebnisse in Form von Graphen und Tabellen dargestellt werden können, und einem Eingabe- und Aktionsbereich (auf der rechten Seite), in dem die Gleichungen, Konstanten, Berechnungsbedingungen und Achseneinstellungen eingegeben werden sowie die Berechnung gestartet werden kann. Die Bedienung ist damit einfacher, aber es gibt keine Animationen.

Bei graphischen Modellbildungsprogrammen wie Coach 6 werden im Modellfenster Symbole angeordnet und miteinander verknüpft. Diese Visualisierung der Newton-Maschine $F_{ges} \rightarrow a \rightarrow v \rightarrow x$ fördert ein strukturelles Verständnis der Mechanik (Wilhelm, 2005). Dem didaktischen Vorteil, dass die Zusammenhänge visuell deutlich werden, steht der Nachteil gegenüber, dass das Erstellen des Wirkungsgefüges einige Zeit in Anspruch nimmt. Modellus 4 bietet diese Möglichkeit nicht.

Tabellenkalkulationsprogramme wie Excel sind zwar meist leicht zugänglich und weit verbreitet, jedoch ist die Eingabe recht kompliziert und normalerweise werden weder Gleichungen noch Wirkungsgefüge sichtbar. Man läuft damit Gefahr, dass die physikalischen Zusammenhänge nicht deutlich werden und die Modelle schnell recht aufwändig und undurchsichtig werden. Leicht wird zu viel Zeit damit verbracht, mit der Bedienung des Programms zu Recht zu kommen. Von Nachteil ist außerdem, dass man als numerisches Verfahren nur das einfache Euler-Verfahren zur Verfügung hat und keine aufwändigen Verfahren wie Runge-Kutta.

Literatur

- Gutsch, P. (2011). Physiksimulationen mit dem Modellbildungsprogramm Modellus 4, Staatsexamensarbeit Universität Würzburg, <http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/modellus.htm>
- Lück, S. & Wilhelm, T. (2011). Modellierung physikalischer Vorgänge am Computer. Modellbildungssysteme als Unterstützung zum Verständnis physikalischer Strukturen. *Unterricht Physik*, 22 (122), 26-31
- Ludwig, J. (2012). Vergleich verschiedener Modellbildungssysteme, Staatsexamensarbeit Universität Würzburg, www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/modellbildungsprogramme
- Ludwig, J. & Wilhelm, T. (2013). Mathematisches Modellieren mit Modellus 4. *Physik in der Schule*, 62 (2), unveröff.
- 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*. Bd. 46. Logos-Verlag: Berlin, online unter www.opus-bayern.de/uni-wuerzburg/volltexte/2009/3955/

Nils Rohde
Maria Opfermann
Carsten Schmuck
Stefan Rumann

Universität Duisburg-Essen

Lernwirksamkeit von Illustrationen zum Orbitalmodell in der Organischen Chemie

Genese und Ziel des Projekts

Das Projekt fokussiert die Lernwirksamkeit von Visualisierungen in der organischen Chemie im Inhaltsbereich des Orbitalmodells. Das Orbitalmodell als essentieller Bestandteil des Grundstudiums und Voraussetzung für tiefgehendes konzeptuelles Verständnis der organischen Chemie wird in modernen Lehrbüchern für Studierende unter Zuhilfenahme von Visualisierungen vermittelt. Aktuelle Lehrbücher nutzen Visualisierungen in immer stärkerem Maße. Während in klassischen Lehrbuchreihen Visualisierungen eher hinter den Fließtext zurücktreten, so zeichnen sich Neuerscheinungen dadurch aus, dass immer mehr Informationen über Visualisierungen vermittelt werden. Der Fließtext tritt hinter visuell dargebotenen Informationen zurück; in den grafischen Elementen werden nicht selten traditionell getrennte Abbildungsformen verschmolzen. Im Spannungsfeld hoher Abbruchquoten in Chemie-Studiengängen, den Zielvorgaben höherer Absolventenquoten sowie des vielfach bemängelten Fachkräftemangels (OECD, 2011) und Lernschwierigkeiten, die Studierende im Grundstudium im Zusammenhang mit den abstrakten Konzepten des Orbitalmodells zeigen, stellt diese Studie die Frage, inwiefern bestimmte (visuelle) Instruktionsdesigns mehr oder weniger lernwirksam sind. Ein wichtiger Aspekt ist hierbei, ob bestimmte Designs für Studierende mit hohem bzw. niedrigem Vorwissen gut oder weniger gut geeignet sind. Trotz einer Vielzahl von Studien im Bereich der instruktionspsychologischen Multimediaforschung, sind die Ergebnisse z.T. uneinheitlich, insbesondere liegen im Bereich des Hochschullernens nur wenige Studien vor, so dass Hochschullehrende und Studierende gleichermaßen vor dem Problem stehen, geeignete Lehrbücher zu empfehlen bzw. auszuwählen.

Theoretische Rahmung

Um den Umgang mit Visualisierungen durch Lernende und das daraus resultierende Lernergebnis untersuchen zu können, nutzt die Studie Forschungsergebnisse zur Cognitive Load Theory (CLT; van Merriënboer & Sweller, 2005) und der Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML; Mayer, 2001). Die CLT ermöglicht Aussagen über die aus unterschiedlichen Instruktionsdesigns resultierende kognitive Last auf das Arbeitsgedächtnis, dessen Kapazität begrenzt ist (Paivio, 1986). Die CTML stellt u.a. eine Reihe von Gestaltungsprinzipien zur lernförderlichen Gestaltung multimedialer Instruktionen zur Verfügung. In zahlreichen Studien wurde hierbei u.a. gezeigt, dass individuelle Unterschiede auf Seite der Lernenden bei der Gestaltung des Instruktionsdesigns beachtet werden sollten. Instruktionsdesigns, die für Lernende mit geringem Vorwissen besonders lernfördernd sein können, können für Lernende mit hohem Vorwissen ungeeignet sein und umgekehrt (Kalyuga, 2009). Ziel eines lernförderlichen Instruktionsdesigns ist es, die kognitive Last, die aus der Gestaltung des Materials resultiert, möglichst gering zu halten.

Forschungsfragen und Hypothesen

FF1: Führt die Integration zweier Repräsentationsformen zum Orbitalmodell zu unterschiedlichen Lernergebnissen?

H1.1: Die Nur-Text-Kondition zeigt den geringsten Lernzuwachs.

H1.2: Lerner mit geringem Vorwissen profitieren von der Integration am stärksten.

H1.3: Lerner mit hohem Vorwissen profitieren von separierten Visualisierungen stärker als Lerner mit niedrigem Vorwissen.

FF2: Zeigen sich diese Unterschiede zwischen Lernern mit unterschiedlichem Vorwissen in für diese typischen, unterschiedlichen Blickbewegungsmustern?

H2.1: Lerner mit geringem Vorwissen zeigen ein hohes Maß an visueller Suche.

H2.2: Lerner mit hohem Vorwissen verbinden zusammengehörige Bild- und Textelemente durch entsprechende Blickbewegungen.

H2.3: Die Blickmuster innerhalb einer Probandengruppe weisen hinsichtlich visueller Suche, Fixationsdauern und Blickpfaden Ähnlichkeiten auf.

Design und Methoden

Das Projekt gliedert sich in drei Teilbereiche: Eine explorative Lehrbuchanalyse, eine quantitative Experimentalstudie und eine qualitative Eye-Tracking Studie.

Die Lehrbuchanalyse dient der Identifikation typischer Visualisierungen und der Identifikation von Trends in der Entwicklung von Lehrbuchserien. Die auf Basis dieser Arbeit identifizierten Prototypen werden in den beiden nachfolgenden Teilen der Studie weiter verwendet. Die Analyse zeigt auf, dass im Wesentlichen zwei Formate verwendet werden. Ein separiertes Format, welches Energieniveaudiagramme und Orbitaldarstellungen klassisch in getrennten Visualisierungen zeigt und ein integriertes Format, welches erst in neueren Lehrbüchern zu finden ist. Hierbei werden die beiden klassischen Darstellungen zu einer integrierten Abbildung verschmolzen (vgl. Abb. 1).

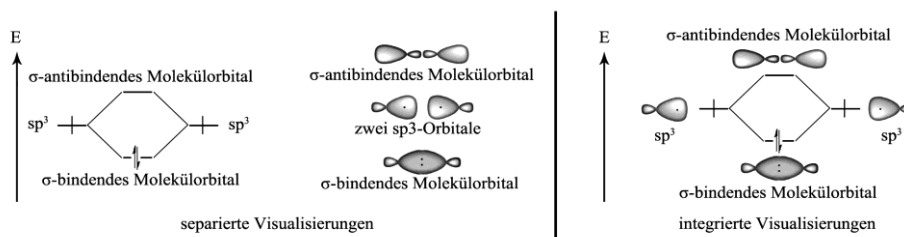


Abb. 1: Integrierte und separierte Visualisierungen zum Orbitalmodell

Die Experimentalstudie, welche den Kern des Projekts bildet, untersucht die Frage, inwiefern die oben dargestellten unterschiedlichen Visualisierungsformen einen Einfluss auf den Lernerfolg haben, unter der besonderen Berücksichtigung der individuellen Voraussetzungen der Lernenden.

Auf Basis dieser Zielsetzung wurde ein 2x3-experimentelles Design (vgl. Tab. 1) ausgewählt, so dass sechs Interventionsgruppen resultieren.

N=240	Nur Text	separierte Visualisierungen	integrierte Visualisierungen
geringes Vorwissen	40	40	40
hohes Vorwissen	40	40	40

Tab. 1: Treatments im Rahmen des 2x3 Interventionsdesigns

Die Stichprobe besteht aus Studierenden des zweiten und dritten Semesters, die zum ersten Mal im Laufe ihres Studiums die Veranstaltung "Organische Chemie I" besuchen. Es werden sowohl Lehramtsstudierende im Fach Chemie und Biotechnik als auch Studierende

der Studiengänge BA/MA Chemie und BA/MA Water Science an der Intervention teilnehmen.

Die Zuteilung zu den Interventionsgruppen erfolgt auf Basis eines Pre-Tests, welcher einen Fachwissenstest enthält. Allen Interventionsgruppen wird das gleiche Textmaterial zur Verfügung gestellt, welches inhaltlich Grundlagen des Orbitalmodells in der Organischen Chemie behandelt. Die inhaltlichen Verbindungen zwischen Text und den Visualisierungen erfolgt über eine Farbkodierung, um die inhaltliche Konstanz des Texts über alle Interventionsgruppen sicherzustellen.

Die Datenerhebung erfolgt zu drei Zeitpunkten (Pre-, Post-, Follow-Up-Test). Der Pre-Test erfasst, neben allgemeinem und speziellem Vorwissen im Fach Chemie, kognitive Fähigkeiten mit Hilfe des KFT-12+ und allgemeine und demographische Informationen (z.B. Abiturnote, Leistungskurse, Bundesland, in dem die Hochschulreife erworben wurde).

Die Intervention und der Post-Test finden zum zweiten Testzeitpunkt statt. Die Studierenden arbeiten 45 Minuten mit dem Lernmaterial und werden anschließend 45 Minuten auf ihren Lernzuwachs getestet. Dabei werden Teile der Items aus dem Pre-Test auch im Post-Test eingesetzt, um den direkten Lernzuwachs messen zu können. Zusätzlich enthält der Post-Test fünf Transferitems sowie Fragen zur subjektiv empfundenen Nützlichkeit des Lernmaterials. Während der Arbeit mit dem Interventionsmaterial erhalten die Studierenden zweimal Fragebögen zur Erfassung des Cognitive Load mit Hilfe von Ratings, ein weiteres Mal während des Post-Tests.

Mit Hilfe der erhobenen Daten werden sowohl der Lernzuwachs als auch die Lerneffizienz in Abhängigkeit von den Voraussetzungen der Lernenden berechnet.

Die Eye-Tracking Studie zielt auf die Identifikation individueller Unterschiede zwischen Lernenden mit hohem und niedrigem Vorwissen beim Lernen mit den zuvor beschriebenen Visualisierungen ab (Voßkühler, 2010). Hierzu werden Gruppen von Studierenden mit hohem und geringem Vorwissen sowie einer Gruppe von Experten kurze Textabschnitte mit Visualisierungen vorgelegt. Die jeweiligen Aufgabenstellungen weisen einen unmittelbaren Bezug zu den im Text enthaltenen Visualisierungen auf. Das Material wird hierbei elektronisch präsentiert und die Augenbewegungen der Probanden während der Bearbeitung der Aufgaben mit Hilfe eines stationären Eye-Trackers aufgenommen. Ziel dieser Aufnahmen ist es typische Blickbewegungsmuster dieser Gruppen im Umgang mit den Visualisierungen zu ermitteln und zu beschreiben. Da auf Basis der Eye-Mind-Hypothese Unterschiede in den Blickbewegungen auf Grund der unterschiedlichen Fähigkeiten der Probandengruppen zu erwarten sind, ist für das Projekt die Beschreibung dieser erwarteten Unterschiede von besonderem Interesse. Die Pupillengröße wird als objektives Maß für die kognitive Last herangezogen und dabei mit Ratings derselben verglichen.

Literatur

- OECD (2011). Education at a Glance 2011: OECD Indicators. OECD Publishing
- Kalyuga, S. (2009). Managing Cognitive Load in Adaptive Multimedia Learning. Hershey, New York: Information Science Reference
- Mayer, R. E. (2001). Multimedia learning. Cambridge: Cambridge University Press
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97
- Paivio, A. (1986). *Mental Representations: A Dual-Coding Approach*. New York: Oxford University Press
- Van Merriënboer, J. & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17, 147-177
- Voßkühler, A. (2010). Blickbewegungsmessung an Versuchsaufbauten. *Studien zur Wahrnehmung, Verarbeitung und Usability von physikbezogenen Experimenten am Bildschirm und in der Realität. Studien zum Physik- und Chemielemen*, Bd. 104. Berlin: Logos Verlag

Daniel Keck¹
 Erich Staraschek¹
 Yvonne Kammerer²

¹PH Ludwigsburg
²IWM Tübingen

Die Bewertung der Qualität von Informationen beim Physiklernen in der Lernumgebung Internet

Einleitung

Da Texte zur Physik oder etwas allgemeiner formuliert physikalische Informationen im Internet teilweise Fehler und Widersprüche enthalten (Acar Sesen, 2010) und darauf in der Regel nicht direkt Einfluss genommen werden kann, gilt die Fähigkeit der kritischen Bewertung von Informationen als ein wichtiger Baustein beim Physiklernen mit dem Internet. Diese Aussagen gelten natürlich auch für internetbasierte Informationen anderer Wissensdomänen. Offen bleibt dabei, ob eine kritische Bewertungsfähigkeit domänen-spezifische Charakteristika aufweist. Aus physikdidaktischer aber auch aus domänen-unabhängiger Perspektive stellen sich zwei zentrale Fragenkomplexe: 1) Wie bewerten Schülerinnen und Schüler die Qualität physikbezogener Informationen im Internet? Erkennen Sie z.B. Widersprüche auf einer Webseite oder zwischen verschiedenen Webseiten? Hängt dies von äußeren Eigenschaften der Internetseite ab? Und: 2) Wie kann die Bewertungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler geschult werden?

In einer ersten, experimentellen Studie soll daher untersucht werden, ob die Fähigkeit, fachliche Widersprüche und Fehler in physikbezogenen Informationen zu erkennen, vom Kontext der Internetseite abhängt. Eine zweite Studie soll die Frage beantworten, ob die kritische Bewertungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler durch eine einfache Intervention in Form einer angeleiteten Reflexion über die Qualität von Internetinformationen beeinflusst werden kann.

Stand der Forschung

Wie schon gesagt, können physikbezogene Informationen im Internet Fehler und Widersprüche enthalten (Acar Sesen, 2010). Die Bewertung der Qualität physikalischer Informationen ist daher beim Physiklernen in der Lernumgebung Internet von Bedeutung. Der Terminus Qualität bedarf einer ersten Präzisierung. Insbesondere ist bei der Bewertung von Qualität die Frage nach dem Erkennen der fachlichen Richtigkeit von Bedeutung. Dies entspricht dem Bewertungskriterium „Accuracy“, das einen Teil des mehrdimensionalen Konstruktes der Informationsqualität abbildet, welches in der Medienpsychologie gebräuchlich ist (Metzger et al., 2003).

Erfahrene Internetuser sind sich der Qualitätsproblematik des WWW bewusst. Eine von Metzger et al. (2003) durchgeführte Umfrage unter College-Studenten ergab, dass diese das Internet im Vergleich zu anderen Medien für wenig glaubwürdig halten. Außerdem bewerten erfahrene User Informationen nach der Qualifikation des Autors. Winter et al. (2010) zeigten in einer Online-Laborstudie, dass erwachsene Internetuser Aussagen von Experten in wissenschaftlichen Weblogs für glaubwürdiger halten als Aussagen von Laien.

Hingegen stellt die Bewertung der Qualität von Informationen für Schülerinnen und Schüler aller Altersstufen ein Problem dar (Zsf. Brand-Gruwel et al., 2009). Hier eröffnen sich zwei Fragerichtungen. Zum einen die Frage nach altersbedingten Effekten: entwickelt sich die Bewertungskompetenz von Informationen einfach durch die Erfahrung? Zum anderen die Frage nach den Ursachen für das Vertrauen, das Kinder und Jugendliche den Informationen aus dem Netz entgegen bringen: Warum nehmen Schüler keine bewusste Qualitätsbewertung von Informationen vor? Erkennen sie fachliche Fehler und Widersprüche nicht und sehen daher keine Notwendigkeit zur Informationsbewertung? Ergebnisse von Untersuchungen mit

dem sogenannten „Error Detection“-Paradigma weisen auf die Gültigkeit dieser Vermutung hin. Bei diesen Untersuchungen lesen Probanden einen Text, der textinterne Widersprüche enthält. Anschließend wird – beispielsweise mittels einer speziellen Messmethode, der Conflict Verification Task CVT (vgl. Stadler et al., 2011) – die Anzahl der erkannten Fehler und Widersprüche bestimmt. Schülerinnen und Schüler haben bei dieser Aufgabe Schwierigkeiten, Inkonsistenzen insbesondere in wissenschaftlichen Texten zu bemerken (Otero & Campanario, 1990). Die Wahrnehmung der Widersprüche hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab. So werden z.B. mehr Inkonsistenzen bemerkt, wenn die Probanden über die Existenz möglicher Fehler und Widersprüchen informiert sind (Baker, 1979). Eine mögliche Intervention zur Steigerung der Wahrnehmungsrate von Inkonsistenzen ist damit gegeben.

Es stellt sich weiter die Standardfrage, welche personenbezogenen Variablen die Fähigkeit zur Bewertung von Informationen beeinflussen. Bråten et al. (2005) weisen in diesem Zusammenhang auf die Bedeutung internet-spezifischer epistemologischer Überzeugungen hin. Je elaborierter die epistemologischen Überzeugungen einer Person dabei sind, desto reflektierter ist ihr Umgang mit Informationen aus dem WWW. Die Frage, ob epistemologische Überzeugungen auch die Fähigkeit beeinflussen, fachwissenschaftliche Fehler und Widersprüche in Internetdokumenten zu entdecken, ist bisher nicht untersucht.

Forschungsfragen

Da im Internet angebotene Informationen zum Thema Physik Fehler und Widersprüche enthalten können, interessiert besonders, wie Schülerinnen und Schüler physikbezogene Informationen nach dem Kriterium „Accuracy“ bewerten. Wie beschrieben, halten erfahrene Internetuser verschiedene Autoren und Medien für unterschiedlich glaubwürdig – interessant wäre in Bezug auf die erfahrenen User die Frage, ob sich deren Kritikfähigkeit auch auf die Domäne Physik bezieht. Bezogen auf das Physiklernen mit dem Internet von Schülerinnen und Schülern lässt sich die Frage nach den Einflussfaktoren Autorenschaft und „Internetmedium“ (z.B. Website oder Onlineforum) auf die Bewertungsdimension „Accuracy“ erneut stellen:

(a) Nehmen Schülerinnen und Schüler bei physikbezogenen Informationen im Internet Fehler und Widersprüchen in Abhängigkeit von den Variablen Autorenschaft und Internetanwendung wahr?

Da es nach dem bisherigen Stand der Forschung nicht klar ist, ob die Bewertungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler durch eine Intervention, die deren Aufmerksamkeit für Fehler und Widersprüche in der Domäne Physik bei internetbasierten Inhalten schult, gefördert werden kann, soll eine zweite Frage untersucht werden:

(b) Beeinflusst eine Intervention in Form einer angeleiteten Reflexion über die Qualität von physikbezogenen Informationen im WWW die Bewertungsfähigkeit von Lernenden?

Design der Studien und Stichprobe

Mit den beiden unabhängigen Variablen ‚Autorenschaft‘ und ‚Internetanwendung‘ mit je zwei Ausprägungen ‚Experte/Novize‘ und ‚Internetseite Web 1.0/Onlineforum‘ und der abhängigen Variable ‚Kritik- oder Bewertungsfähigkeit‘, operationalisiert als Summenscore der in einem „Internet-Text“ entdeckten Fehler und Widersprüche, bietet sich für Forschungsfrage (a) eine klassische experimentelle Laborstudie mit 2x2-Design an. Als Stichprobe werden Schülerinnen und Schüler aus der Population der Gymnasialschüler der Jahrgangsstufe 10 gezogen und zufällig auf die vier Experimentalgruppen verteilt (N=120). Anschließend wird ihnen ein Internetdokument zu einem physikalischen Thema vorgelegt, welches fachliche Widersprüche und Fehler aufweist. Dabei erhalten alle Schüler den „gleichen“ Text, der in den Darbietungskontexten variiert. Experimentalgruppe I: Eine gut

aufgemachte Webseite eines Experten („sehr glaubwürdige Quelle“). Experimentalgruppe II: Eine gut aufgemachte Internetseite, die Schülerarbeiten anbietet („weniger glaubwürdige Quelle“). Experimentalgruppe III: Der Foreneintrag eines Experten („weniger glaubwürdige Quelle“). Experimentalgruppe IV: Ein Foreneintrag eines Schülers („nicht glaubwürdige Quelle“). Die Probanden erhalten den Arbeitsauftrag, den Text sorgfältig und aufmerksam zu lesen. Um nicht für die Suche nach Fehlern und Widersprüchen zu sensibilisieren, wird eine Coverstory verwendet. Die Variable ‚Bewertungsfähigkeit‘ als abhängige Variable lässt sich wie gesagt über die Zahl der erkannten Widersprüche und Fehler operationalisieren. Um diese festzustellen, werden die Probanden im Anschluss an das Lesen des Textes schriftlich mittels der erwähnten Conflict Verification Task CVT (vgl. Stadler & Bromme 2011) nach erkannten Fehlern und Widersprüchen gefragt. Hängt die Informationsbewertung vom Darbietungskontext ab, so müsste sich dies in unterschiedlichen Gruppenmittelwerten zeigen.

Im Anschluss an diese Studie werden die Probanden über den eigentlichen Zweck der Untersuchung aufgeklärt. Daraufhin erfolgt als Intervention eine kurze angeleitete Reflexion (Dauer < 30 min.) über die Qualität von Informationen im Internet und deren Bewertung, welche das Treatment der nachfolgenden Interventionsstudie darstellt. Diese Art der Intervention kann in dieser Form auch an einem außerschulischen Lernort eingesetzt werden und hat damit eine potenzielle Relevanz für die Praxis. Die Reflexion soll die internet-spezifischen Epistemologien der Probanden so verändern, dass sie für das Erkennen von Fehlern und Inkonsistenzen sensibilisiert werden. Eine zweite Studie untersucht den Lerneffekt der Reflexion (Forschungsfrage (b)). Dazu werden die Probanden und ihre Mitschüler aus den jeweiligen Klassen, die nicht an der experimentellen Studie teilgenommen haben, ein halbes Jahr nach der Laborstudie im Physikunterricht wieder mit einer Coverstory aufgefordert, einen vorgegebenen Text aus dem Internet über ein physikalisches Thema zu lesen. Der Text enthält wiederum Fehler und Widersprüche. Als Treatmentgruppe dienen also die Probanden der ersten Studie, mit denen die angeleitete Reflexion über die Qualität von Informationen im Internet durchgeführt wurde. Die Vergleichsgruppe wird aus ihren Mitschülerinnen und Mitschülern als „matched sample“ zusammengestellt. Nach dem Lesen des Textes werden die Schüler wieder mittels einer CVT nach erkannten Inkonsistenzen befragt. Mit einfacher Inferenzstatistik müssten sich bei dem geplanten Stichprobenumfang mittlere Effekte zu Gunsten der Treatmentgruppe zeigen.

Hinweis: Gefördert durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Baden-Württemberg. Kooperatives Promotionskollegs „Effektive Lehr-Lernarrangements – Intervention und Evaluation in der pädagogischen Praxis“ der Universität Tübingen und der PH Ludwigsburg.

Literatur

- Acar Sesen, B. (2010). Internet as a Source of Misconception: "Radiation and Radioactivity". TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology, 9 (4), 94-100
- Brand-Gruwel, S., Wopereis, I. & Walraven, A. (2009). A descriptive model of information problem solving while using internet. Computers & Education, 53 (4), 1207-1217
- Bråten, I., Strømsø, H. I. & Samuelstuen, M. S. (2005). The relationship between Internet-specific epistemological beliefs and learning within Internet technologies. Journal of Educational Computing Research, 33, 141-171
- Metzger, M. J., Flanagin, A. J. & Zwarun, L. (2003). College student Web use, perceptions of information credibility, and verification behavior. Computers & Education, 41 (3), 271-290
- Otero, J. & Campanario, J. (1990). Comprehension Evaluation and Regulation in Learning from Science Texts. Journal of Research in Science Teaching, 27, 447-460
- Stadler, M., Scharrer, L. & Bromme, R. (2011). How Reading Goals and Rhetorical Signals Influence Recipients' Recognition of Intertextual Conflicts. In C. Hoelscher & T. F. Shipley (Hrsg.), Proceedings of the 33rd Annual Conference of the Cognitive Science Society. Austin, TX, 1346-1351

Formative Entwicklung eines interaktiven, digitalen Chemieschulbuchs E-Book = Schulbuch der Zukunft?

Ziel des Projektes eChemBook

Bei dem Projekt eChemBook handelt es sich um ein Kooperationsprojekt zwischen dem Institut für Didaktik der Naturwissenschaften der Leibniz Universität Hannover unter der Leitung von Professor Schanze, dem Leibniz-Institut für Wissensmedien in Tübingen unter der Leitung von Professor Scheiter, dem Schulbuchverlag Schroedel Westermann und dem Hersteller digitaler Tafeln SMART Technologies. Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung eines Prototyps von einem digitalen Chemiebuch mit interaktiven Lernaufgaben.

Projekttablauf

Für die Prototypentwicklung wird am Beispiel der Einführung des Teilchenmodells eine digitale Schulbuchsequenz entwickelt, wobei die Gestaltung dieses Schulbuchs auf einer Ist- und Bedarfszustandsanalyse sowie didaktischen und lehr-lernpsychologischen Erkenntnissen beruht. In der Ist- und Bedarfszustandsanalyse werden naturwissenschaftliche Lehrkräfte von weiterbildenden Schulen (Gymnasien, Realschulen, Gesamtschulen) in Deutschland zu der technischen Ausstattung ihrer Schule sowie dem derzeitigen Medieneinsatz in ihrem Unterricht befragt. Des Weiteren wird ihnen die Möglichkeit gegeben, Wünsche und Anforderungen an ein digitales Chemiebuch zu äußern, um den Prototyp an die Bedürfnisse der Praxis anzupassen.

Zur Überprüfung der Lernwirksamkeit der digitalen Schulbuchsequenz und weiterer Faktoren werden Studien im Pre-Post-Test Design durchgeführt. Hierfür werden Wissensitems aus nationalen und internationalen Studien adaptiert sowie neue Items entwickelt und pilotiert. Die Lernwirksamkeit der digitalen Lernumgebung wird in der ersten Studie mit Hilfe von 100 Schülerinnen und Schülern untersucht:

Prototypvariante

	E-Book	E-Book & Lernaufgaben
Vorkenntnisse der Schüler	Nicht vorhanden	Gruppe 1
	Vorhanden	Gruppe 2
	Gruppe 3	Gruppe 4

Hierbei bietet die Untersuchung von Schülerinnen und Schülern mit und ohne Vorkenntnissen die Möglichkeit, nicht nur die reine Lernwirksamkeit des E-Books zu testen, sondern auch, ob der Effekt beim E-Book größer ist als beim herkömmlichen Unterricht. Hierfür werden die Pretest-Ergebnisse der Gruppe mit Vorkenntnissen mit den Posttest-Ergebnissen der Gruppe ohne Vorkenntnisse verglichen. Des Weiteren wird in den Gruppen 2 und 4 untersucht, ob durch den Einsatz von interaktiven Lernaufgaben eine genauere Anleitung der Bearbeitung bedeutet und damit zu einer besseren Lernleistung bei den Schülerinnen und Schülern führt.

Nach der Optimierung und Erweiterung des Prototyps werden von den Arbeitskreisen Scheiter und Schanze jeweils zwei weitere Teilstudien zu Gestaltmerkmalen eines eBooks durchgeführt. Dabei wird im Arbeitskreis Scheiter untersucht, inwiefern auch für längere Textsegmente eine Integration des Textes in die Abbildung sinnvoll ist. Schließlich wird

geprüft, in welchem Ausmaß eine adaptive Darbietung der integrierten Textelemente (in Ergänzung zu einem nicht-integriertem Text) bzw. des Fließtexts (in Ergänzung zu einer integrierten Text-Bild-Version) das Verständnis der Schüler eher fördert als die dauerhafte Verfügbarkeit dieser Komponenten. In einer weiteren Studie wird untersucht, inwieweit eine Hervorhebung von Text-Bild-Korrespondenzen bezüglich größerer Informationseinheiten zu besseren Lernergebnissen führt als die Hervorhebung einzelner Element-Bezüge.

In der Arbeitsgruppe von Professor Schanze wird in einer Studie untersucht, ob und in welchem Umfang die Einbindung interaktiver 3D-Visualisierungsformen im Vergleich zu statischen Bildmaterial das Konzeptverständnis unterstützt. Insbesondere wird dieser Einfluss in Kombination mit interaktiven Lernaufgaben erprobt. Verglichen werden hierbei drei Gruppen mit jeweils ca. 25 Schülerinnen und Schülern:

E-Book-Version mit statischen Bildelementen	E-Book-Version mit interaktiven 3D-Visualisierungsformen	E-Book-Version mit interaktiven 3D-Visualisierungsformen + interaktive Lernaufgaben
---	--	---

In der vierten Teilstudie wird untersucht, welchen Einfluss Externalisierungen des vorwissenschaftlichen Verständnisses zum Aufbau von Stoffen auf das Konzeptverständnis im Lernprozess haben. Hierbei wird erwartet, dass durch die Externalisierung von Präkonzepten der Aufbau eines kohärenten Denkmodells unterstützt wird. Für diese Studie werden die Schülerinnen und Schüler in drei Gruppen aufgeteilt, wobei die Schülerinnen und Schüler der ersten Gruppe schon vor Beginn der ersten Lerneinheit aufgefordert werden, das eigene Verständnis vom Aufbau der Stoffe zeichnerisch und mit Hilfe einer Concept Map darzustellen. Diese Externalisierungen sollen dann nach den einzelnen Lernphasen immer wieder reflektiert und bei Bedarf ergänzt oder korrigiert werden. Eine zweite Gruppe startet die progressive Reflexion erst nach der ersten Lerneinheit und bearbeitet ihre Externalisierungen anschließend ebenfalls nach jeder Lernphase, während eine dritte Gruppe gar keine Externalisierungen in den Reflexionsphasen anfertigt. Insgesamt werden in dieser Teilstudie 75 Schülerinnen und Schüler untersucht.

E-Book & Lernaufgaben ohne Externalisierungen (Kontrollgruppe)	E-Book & Lernaufgaben, erste Externalisierung nach der Einführung eines ersten Teilchenmodells	E-Book & Lernaufgabe, erste Einführung vor der Einführung eines ersten Teilchenmodells
--	--	--

Nachhaltigkeit des Projekts

Ziel des Projektes ist, die Erkenntnisse der Studien so zu dokumentieren, dass die Praxispartner eigenständig weitere Unterrichtseinheiten bis hin zu einem kompletten digitalen Chemiebuch entwickeln können. Hierfür werden in Handlungsempfehlungen für die Entwickler die wesentlichen Merkmale des Designs beschrieben, die auch die wichtigsten didaktischen und lernpsychologischen Entscheidungen bei der Entwicklung enthalten. Basierend auf diesen Handlungsanweisungen sollen die Praxispartner Schroedel und SMART eine weitere Unterrichtseinheit entwickeln, die in einer weiteren Studie getestet werden soll. Die für die Studie notwendigen Messinstrumente (Wissenstests für den Pre-Post-Test) werden von den Arbeitskreisen Schanze und Scheiter entwickelt.

Ein weiteres Ziel des Projektes ist die Entwicklung und Überprüfung von allgemeinen Handlungsempfehlungen für die Anwender. Diese Empfehlungen dienen der Vorbereitung der Lehrkräfte und erläutern den Einsatz des digitalen, interaktiven Chemiebuchs sowie die

Anwendung der SMART-Notebook-Software. Des Weiteren sollen diese Handlungsempfehlungen fachdidaktische und lehr-lernpsychologische Begründungen enthalten, um langfristig bei den Lehrern ein technologisch-pädagogisches Wissen aufzubauen. Hierbei wird erwartet, dass durch die Handlungsempfehlungen eine bessere Implementierung in den Unterricht geschieht, um somit den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zu erhöhen. Wünschenswert wäre dabei, dass die Lehrer keine speziellen Handlungsempfehlungen für jede einzelne Unterrichtseinheit benötigen, sondern eine Handlungsempfehlung auf verschiedene Unterrichtseinheiten anwenden und gegebenenfalls anpassen können.

In einer weiteren Studie sollen nun die erläuterten Handlungsempfehlungen für Entwickler und Anwender auf ihre Wirksamkeit überprüft werden. Als Unterrichtsmaterial dienen hierbei die finale Version der ersten Unterrichtseinheit zum Thema Teilchenmodell (UE 1) und die zweite Unterrichtseinheit, die von den Praxispartnern mit Hilfe der Handlungsempfehlungen entwickelt wurde (UE 2, Thema wurde noch nicht festgelegt). Untersucht werden in dieser Studie zwei Gruppen mit jeweils acht Lehrkräften sowie eine Kontrollgruppe. Die erste Gruppe der Lehrkräfte erhält hierbei schon für die erste Unterrichtseinheit Handlungsempfehlungen (HE), für die zweite Unterrichtseinheit liegen ihnen jedoch keine Handlungsempfehlungen vor. Die zweite Gruppe erhält erst in der zweiten Unterrichtseinheit Handlungsempfehlungen und muss die erste ohne die Empfehlungen unterrichten. Die Kontrollgruppe führt ohne das E-Book den Unterricht zu den beiden Unterrichtsthemen durch.

Kontrollgruppe	Unterrichtseinheit		
		UE 1	UE 2
	Gruppe 1 8 Lehrer	mit HE	ohne HE
2 Klassen Unterricht ohne E-Book	Gruppe 2 8 Lehrer	ohne HE	mit HE

Forschungsfragen des Projekts

- Führt der Einsatz eines digitalen Chemieschulbuchs im Vergleich zu einem analogen Schulbuch zu einer Steigerung des?
- Wie werden derzeit IuK-Technologien im Unterricht eingesetzt?
- Welche Einstellungen, Erwartungen und Bedürfnisse haben naturwissenschaftliche Lehrkräfte gegenüber dem Einsatz von digitalen Medien?
- Führt der Einsatz von interaktiven 3D-Elementen zu einem besseren Konzeptverständnis?
- Welchen Einfluss hat die Ergänzung der Visualisierung durch interaktive Lernaufgaben?
- Führt eine stärker instruktionale Anleitung der Nutzung der Simulationen zu einer Steigerung des Lernerfolgs?
- Welchen Einfluss haben Externalisierungen des vorwissenschaftlichen Verständnisses zum Aufbau von Stoffen auf das Konzeptverständnis im Lernprozess?
- Welche wesentlichen Merkmale des Prototyps können die Anwendung auf nachfolgende Problemstellungen erleichtern?
- Welche Handlungsempfehlungen sind für Lehrkräfte hilfreich?

Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?

Das Problemlösen nimmt in der Physik sowohl im schulischen als auch universitären Umfeld einen wichtigen Platz ein. Als Übungsaufgabe oder in Prüfungssituationen werden unterschiedlichste Probleme eingesetzt. Doch was trägt dazu bei, dass Schüler oder Studenten „gute“ oder „schlechte“ Problemlöser sind?

Im Rahmen eines Dissertationsvorhabens wird untersucht, welche Faktoren einen Einfluss auf den Erfolg beim Problemlösen haben und wie groß der Einfluss dieser Faktoren ist. Zu diesem Zweck wurde als Kern einer empirischen Untersuchung ein in der Mechanik angesiedelter Problemlösetest entwickelt, der es ermöglicht, den Erfolg in den einzelnen Phasen des Problemlösens getrennt voneinander zu betrachten. Als Einflussfaktoren werden unter anderem das problemlösebezogene Selbstkonzept der Probanden und ihre fachwissenschaftlichen

mathematischen und physikalischen Fähigkeiten berücksichtigt. Einen Überblick über die Studie liefert die nebenstehende Abbildung.

Teile der Erhebungsinstrumente und ausgewählte Ergebnisse der Untersuchung werden in diesem Artikel vorgestellt.

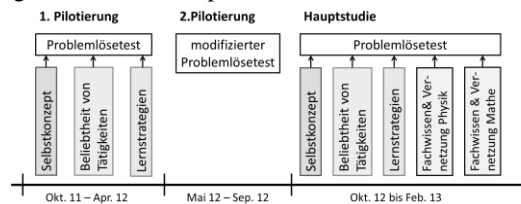


Abb. 1: Geplanter Ablauf der Studie

Problemlösen in der Physik. Als theoretischer Rahmen wird hauptsächlich auf das Modell des wissenszentrierten Problemlösens nach Friege (2001) zurückgegriffen. Nach diesem lassen sich vier Phasen im Problemlöseprozess unterscheiden:

(1) *Problemrepräsentation*: Die physikalischen Inhalte eines Problems werden erkannt und mit Fachtermini ausgedrückt. Zur Repräsentation gehören Skizze, physikalische Konzepte und Idealisierungen. (2) *Auswahl / Erarbeitung eines Lösungswegs*: Ist ein ähnliches Problem wie das zu bearbeitende bereits bekannt, kann dies als Beispielproblem für den Lösungsweg herangezogen werden. Ist kein ähnliches Problem bekannt, wird durch Rückgriff auf Faktenwissen (z.B. $F = m \cdot a$) und Wissens Elemente (Kräfte addieren sich) ein neuer Lösungsweg entwickelt. (3) *Erarbeitung einer Lösung*: Unter Verwendung des Lösungswegs wird eine Lösung ausgearbeitet. Hierbei stehen Probleme mathematischer Natur im Vordergrund. (4) *Evaluation*: Nachdem eine Lösung ermittelt wurde, wird versucht, diese auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Für die Entwicklung des Fragebogens wurde die Phase der Evaluation ausgeklammert. Stattdessen wurde das *Nachvollziehen von ausgearbeiteten Lösungen* mit aufgenommen, da vermutet wird, dass es sich hierbei um eine grundlegende Voraussetzung zum selbstständigen Problemlösen handelt. Über die Schwierigkeit der Phasen lässt sich ad hoc keine Aussage treffen, dies soll aber mit dem entwickelten Problemlösetest beantwortet werden.

Erhobene Prädiktorvariablen. Die Selbsteinschätzung der Probanden wird untersucht, da davon ausgegangen werden kann, dass sie eine relevante Einflussgröße darstellt. Die Grundlage für die Annahme liefern Forschungen zum Einfluss des Selbstkonzepts auf das Lern- und Leistungsverhalten (für eine Übersicht z.B. Moschner (2001)), die einen positiven Zusammenhang erwarten lassen. Unter Selbstkonzept versteht man nach Shavelson, Hubner & Stanton (1976) und Marsh (1986) eine individuell gewichtete Bewertung von Merkmalen,

Eigenschaften und Fähigkeiten, die eine Person sich selbst zuschreibt. Es lassen sich mehrere Ebenen des Selbstkonzepts finden, die hierarchisch aufeinander aufbauen und untereinander positive Zusammenhänge aufweisen. Aus diesem Grund wird als Kontrolle für die entwickelten Skalen zum Selbstkonzept die allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung mit Items von Schwarzer & Jerusalem (1999) als übergeordnete Ebene miteinbezogen. Für die Entwicklung des Fragebogens wurden folgende Teile des akademischen Selbstkonzepts ausgewählt: auf der domänenspezifischen Ebene Physik und Mathematik, auf der situationsgebundenen Ebene das allgemeine Problemlösen im Bereich der Mechanik und die einzelnen Phasen des Problemlösens plus das Nachvollziehen von Lösungen. Es wird hier eine Trennung nach den einzelnen Phasen vorgenommen, da vermutet wird, dass das Selbstkonzept abhängig von den spezifischen Anforderungen der einzelnen Phasen ist.

Als weitere Prädiktorvariablen für den Erfolg beim Lösen von Problemen werden Lernstrategien der Studierenden und die Beliebtheit von theoretischen, rechnerischen oder praktischen Tätigkeiten im Physikunterricht (basierend auf Liebers, 1983) berücksichtigt.

Nach der Revision der Items ergeben sich folgende Skalen:

Skalen zum Selbstkonzept (SK)...

... Physik ($\alpha = .91$)
 ... Mathematik ($\alpha = .86$)
 ... Problemlösen in der Mechanik ($\alpha = .84$)
 ... in Bezug auf die Repräsentation ($\alpha = .87$)
 ... in Bezug auf den Lösungsweg ($\alpha = .79$)
 ... in Bezug auf die Lösung ($\alpha = .82$)
 ... in Bezug auf das Nachvollziehen ($\alpha = .87$)
 allg. Selbstwirksamkeitserwartung ($\alpha = .85$)

Skalen zur Beliebtheit von Tätigkeiten

Theoretiker ($\alpha = .79$)
 Rechner ($\alpha = .73$)
 Praktiker ($\alpha = .86$)

Skalen zu Lernstrategien

Struktur und Ordnung ($\alpha = .68$)
 Vorbereitung des Lernens ($\alpha = .70$)
 Bezug zu eigenen Beispielen ($\alpha = .56$)

Entwickelter Problemlösetest. Geht man von den oben genannten Phasen des Problemlösens aus, stellt man fest, dass die einzelnen Phasen verschiedene Anforderungen an die Bearbeiter eines Problems stellen. Es erscheint daher nicht angemessen, die Fähigkeit zum Problemlösen ausschließlich als Ganzes anhand eines einzelnen Problems zu messen. Deshalb wurden Testaufgaben entwickelt, die es ermöglichen sollen, die einzelnen Phasen des Problemlösens getrennt voneinander zu untersuchen. Dies soll durch die Angabe der Inhalte der vorher vorausgehenden Phasen erreicht werden. Soll zum Beispiel die Lösung bearbeitet werden, so sind Repräsentation und Lösungsweg vorgegeben.

Für die Pilotierung wurden vier Probleme aus dem Bereich der Mechanik ausgewählt. Es handelt sich hierbei um typische Aufgaben aus Lehrbüchern, wie Studenten sie aus dem Studium (z.B. Übungsblättern und Klausuren) kennen. Die Aufgaben sind so aufgebaut, dass eine erfolgreiche Bearbeitung über die Phasen des Problemlösens erfolgen muss, weshalb das Modell des wissenszentrierten Problemlösens angewendet werden kann.

Ausgewählte Ergebnisse. An der Pilotierung des Fragebogens nahmen 59 Studierende an Pädagogischen Hochschulen in Baden-Württemberg teil, die als ein Studienfach Physik belegen. Bei den Geschlechterverhältnissen ergibt sich ein ausgeglichenes Bild. Die Studierenden unterscheiden sich in Studienschwerpunkt und Studienfortschritt.

Die *Mittelwerte der Skalen zum Selbstkonzept* zeigen eine überwiegend positive Selbsteinschätzung der Studierenden. Für die einzelnen Phasen des Problemlösens schätzen die Studenten sich bei der Repräsentation des Problems und dem Finden eines Lösungswegs (2,76 / 2,67) jedoch deutlich schlechter ein als beim eigentlichen Lösen und Nachvollziehen von Lösungen (3,19 / 3,12) (Likert-Skala von (1) "trifft nicht zu" bis (4) „trifft völlig zu“). Dies kann ein erster Hinweis darauf sein, dass das Finden einer Problemrepräsentation und die Ausarbeitung eines Lösungswegs als schwieriger empfunden werden.

Bei den Skalen zum Selbstkonzept zeigen sich vielfältige *Korrelationen*, was durch die Natur des Selbstkonzeptes zu erwarten war. Die Skala zur allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung korreliert mittel ($.38^{**}$ bis $.52^{**}$) mit allen anderen Skalen zum Selbstkonzept. Dies wird als Bestätigung dafür gesehen, dass die entwickelten Items auch tatsächlich Formen des Selbstkonzeptes messen. Für weitere Untersuchungen kann auf den Einsatz der Skala zur allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung deswegen verzichtet werden.

Um die Studierenden anhand der Ausprägung ihrer Selbstkonzepte zu klassifizieren, wurde eine *Latent-Class-Analysis* (LCA) durchgeführt. Hierzu wurden alle Skalen zum Selbstkonzept (SK) einbezogen. Die Studierenden können in drei ungefähr gleich große Klassen eingeteilt werden (*Abb*, links). Die Klassen unterscheiden sich neben dem Selbstkonzept auch in anderen personenbezogenen Faktoren, zum Beispiel den Vorkenntnissen oder bei der Beliebtheit von Tätigkeiten (*Abb*, rechts).

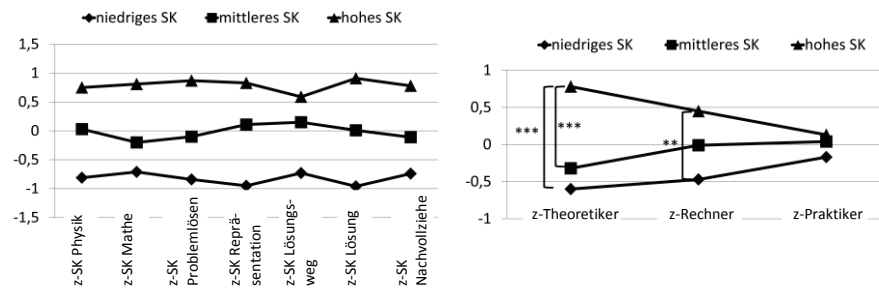


Abb. 2: Unterschiede zwischen den Klassen des Selbstkonzepts (SK)

Insgesamt werden beim *Problemlösetest* im Schnitt 34,3% der Punkte erreicht. Mit Hilfe des Test können die Phasen des Problemlösens getrennt voneinander betrachtet werden, was sich unter anderem in den unterschiedlich guten Ergebnissen zeigt (*Abb*, links). Trennt man die Population nach den Klassen des Selbstkonzepts, unterscheiden sich die erreichten Punktzahlen voneinander (*Abb*, rechts), was das Selbstkonzept als geeignete Prädiktorvariable für das Problemlösen kennzeichnet. Weitere Vermutungen werden mit einer größeren Stichprobe und einem überarbeiteten Problemlösetest geprüft.

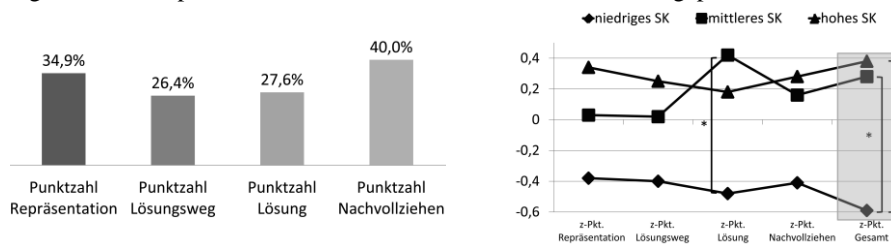


Abb. 3: Ergebnisse des Problemlösetests

Literatur

- Friege (2001). Wissen und Problemlösen. Berlin: Logos-Verlag
- Liebers (1983). Anwendung der Mathematik im Physikunterricht. Berlin: Volk und Wissen
- Marsh (1986). Verbal and math-self concepts: an internal/external frame of reference model. *American Education Research Journal*, 23, 129-149
- Moschner (2001). Selbstkonzept. In Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz PVU, 629-635
- Schwarzer, & Jerusalem (1999). Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Berlin: Freie Universität Berlin
- Shavelson, Hubner, & Stanton (1976). Self-concept: validation of construct interpretations. *Review of Educational Research*, 46, 407-444

„proCMap 2“ - Der Einfluss computerbasierter Reflexionsmethoden auf das Konzeptverständnis

Einleitung

Strukturierungsmethoden wie der Lernbegleitbogen (LBB) und das Concept Mapping (CM) erlauben die Darstellung von Wissenszusammenhängen und bilden die Grundlage zur Reflexion und Kommunikation über individuelle Konzepte. Im Rahmen des Projektes proCMap wurde bisher gezeigt, dass durch Unterstützung beider Methoden die Konzeptentwicklung gefördert werden kann. Der Erfolg der Methoden hängt aber auch von Faktoren wie z.B. der Motivation und den individuellen Lernvoraussetzungen ab. Zudem bilden beide Methoden strukturell bedingt eine unterschiedlich gute Basis zur Kommunikation über individuelle Vorstellungen. Der Fokus der hier vorgestellten Studie liegt auf einer Analyse der Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler (SuS), die mit einer der beiden Methoden CM oder LBB reflektieren. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Kommunikation und Interaktion und dessen Einfluss auf das Lernen. Die folgenden Abbildungen geben ein Beispiel für einen Lernbegleitbogen und für ein typisches Concept Map.

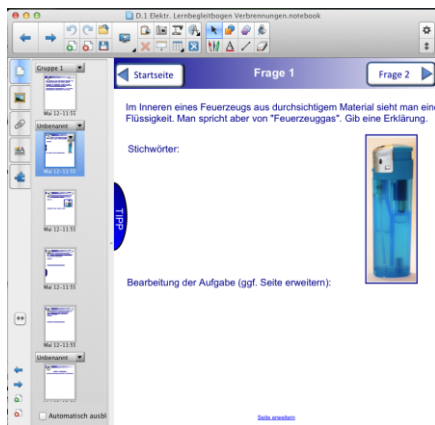


Abb. 1: Bsp. für einen Lernbegleitbogen

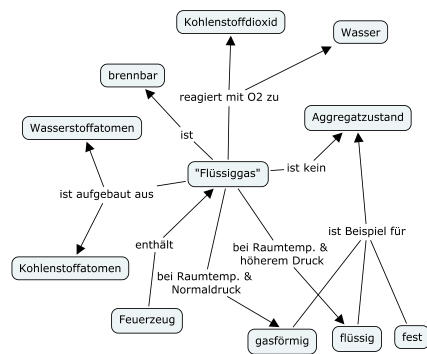


Abb. 2: Bsp. für ein Concept Map

Bisherige Untersuchungen: „proCMap 1“ (Schanze, Grüß-Niehaus, Hundertmark 2007 bis 2012)

Das hier dargestellte Projekt basiert auf Erkenntnissen aus einem ersten Durchlauf des Projekts „proCMap 1“ (2007 bis 2012, Leibniz Universität Hannover). Untersucht wurde zum einen der Einfluss der Reflexionsmethoden LBB und CM auf das Konzeptverständnis. Insbesondere der Vergleich beider Methoden stand im Fokus. Dabei wurde untersucht, welche der beiden Methoden den Lernprozess erfolgreicher unterstützt. Zum anderen wurden die Sozialformen Partnerarbeit vs. Einzelarbeit analysiert. Insgesamt konnte dabei gezeigt werden, dass beide Methoden Reflexionsprozesse und die Konzeptentwicklung fördern. Innerhalb der Gruppen, die in Einzelarbeit kollaborierten, zeigte sich eine größere Konzeptentwicklung bei den Schülern, die das Concept Mapping nutzten, während innerhalb der

kollaborativ reflektierenden Gruppen kein deutlicher Vorteil der einen Methode gegenüber der anderen beobachtet werden konnte. Jedoch deutet eine hohe Streuung innerhalb dieser Gruppe darauf hin, dass einige Schüler sehr gut entweder mit dem CM oder mit dem LBB lernten, während andere nur einen geringen Fortschritt zeigten. Um herauszufinden, welche Bedingungen den Erfolg der einen Methode gegenüber der anderen begünstigen, wurden im Rahmen einer qualitativ orientierten Prozessanalyse die Kommunikations- und Reflexionsprozesse näher erforscht. Hier zeigten sich beispielsweise die kognitiven Eingangsvoraussetzung sowie die Erfahrung der Schüler mit den fachlichen Inhalten als Indikatoren: Für leistungsschwache Schüler scheint das CM die bevorzugte Methode zu sein, während leistungsstarke und erfahrene Schüler mit dem LBB eine sehr gute Unterstützung beim Verstehen der Zusammenhänge erhalten.

Die Untersuchung fand im Anfangsunterricht Chemie statt. Dabei wurde in allen teilnehmenden Klassen eine standardisierte Unterrichtseinheit zum Kontext „Schokolade“ unterrichtet. Ziel der Einheit war die Einführung des Basiskonzepts „Stoff-Teilchen“ über die Thematisierung des Löslichkeitskonzepts. Der Unterrichtsgang verlief nach der Konzeption von Chemie im Kontext (ChiK).



Abb. 3: Untersuchungsverlauf

„proCMap 2“: Was ist neu?

Im Unterschied zum Einsatz im Projekt proCMap 1 wird in der Fortführung neben dem CM auch der LBB computerbasiert eingesetzt. In proCMap 1 wurde die LBB-Methode zunächst als Paper-und-Pencil-Variante verwendet. Es zeigte sich hier jedoch eine deutlich geringere Motivation bei den Schülern, mit dem LBB wiederholt zu reflektieren. Durch die gleichen technischen Voraussetzungen beider Methoden wird vermutet, dass die Motivation der Schüler in diesem Durchgang vergleichbar hoch ausfällt. Bei der Paper-und-Pencil-Version des LBB zeigte sich zudem, dass die Schüler Schwierigkeiten hatten, ihre existierenden Texte in den folgenden Reflexionsphasen zu verändern. Durch das Schreiben der Texte am Computer wird den Schülern die Möglichkeit der einfacheren Überarbeitung ihrer Reflexionen geboten. Dadurch können die Methoden hinsichtlich dieses Aspekts besser miteinander verglichen werden.

Der Einsatz der Methoden wird weiterhin im Anfangsunterricht Chemie erprobt. Eine weitere Änderung stellt der Kontext der Unterrichtseinheit dar. In proCMap I orientierte sich die Unterrichteinheit am Kontext Schokolade. Es wurde hier das Stoff-Teilchen-Konzept entwickelt. In diesem Durchgang wird das Konzept der Chemischen Reaktion über das Verbrennungskonzept im Rahmen einer Unterrichtseinheit zum Kontext „Diamant“ gelehrt.

Forschungsinteresse

Im folgenden Abschnitt wird noch einmal detaillierter das Forschungsinteresse in „proCMap2“ thematisiert.

Ein Ziel der Studie ist eine möglichst ganzheitliche Betrachtung der Kollaborationsprozesse. Außerdem deuten sich in den vorherigen Studien Zusammenhänge an, die in „proCMap 2“ eingehender untersucht werden sollen. So scheint es beispielsweise laut Hundertmark (im Druck) einen Einfluss der Leistungsstärke auf den Erfolg der Methode zu geben. Demnach deutet sich an, dass leistungsstarke SuS besser durch die LBB-Methode gefördert werden, leistungsschwächere SuS scheinen dagegen besser mit der CM-Methode arbeiten zu können. Scheinbar werden leistungsstarke SuS durch das Erstellen einer linearen Textstruktur gefördert, weniger leistungsstarke SuS scheinen mit dieser Aufgabe überfordert zu sein.

Ein weiteres Ziel der Studie ist die Untersuchung weiterer möglicher Einflussgrößen, wie beispielsweise die Motivation, mit der die SuS in den unterschiedlichen Methoden arbeiten.

Wie gehen wir vor?

Die qualitativen Studien im Projekt proCMap richten sich nach dem Fallstudiendesign nach Yin (2003). Das zentrale Element dabei ist die Erstellung eines evidenzbasierten Vorhersagensystems. Durch die Vorhersagen wird die gesamte Untersuchung strukturiert, zudem geben die Vorhersagen dem Forscher einen Rahmen und eine Richtung für sein Vorhaben. So ist hierdurch festgelegt, welche Daten für den Analyseprozess wesentlich sind und hinsichtlich welcher Aspekte diese ausgewertet werden müssen. Durch die Studien in „proCMap 1“ ist der aktuelle Forschungsstand schon sehr gut erarbeitet; dadurch können z.B. Ergebnisse der Studien verwendet werden, um das Vorhersagensystem von Hundertmark (im Druck) weiter auszuschärfen. Eine Erhöhung der Anzahl der qualitativ untersuchten Schülergruppen (18 statt 5) soll zum Erhalt genügend kontrastierender Gruppen (z.B. den Feldern der Tabelle entsprechend) führen, die der Überprüfung des Vorhersagensystems dienen.

Methode	CM	LBB
Zusammensetzung		
eher leistungsschwach		
eher leistungsstark		
heterogen		

Literatur

Hundertmark, S. (im Druck). Einblicke in kollaborative Lernprozesse: eine Fallstudie zur reflektierenden Zusammenarbeit unterstützt durch die Methoden Concept Mapping und Lernbegleitbogen.

Yin, R. K. (2003). Case Study Research. Thousand Oaks: Sage Publications, Inc.

Interpretation von Phänomenen auf Grundlage atomarer Zusammenhänge

Theoretischer Hintergrund

Ein wichtiger Aspekt beim Lernen im Fach Chemie ist es, chemische Phänomene auf atomarer Ebene erklären zu können. Dazu muss zunächst die Reproduktion von Wissen auf den drei chemischen Repräsentationsebenen erfolgen: der makroskopischen, der submikroskopischen und der symbolischen Ebene (Johnstone, 1991). Die makroskopische Ebene beschreibt alle sichtbaren und erfahrbaren Phänomene, unter der submikroskopischen Ebene versteht man nicht sichtbare Konzepte, wie beispielsweise Atome, Moleküle und chemische Bindungen, und die symbolische Ebene umfasst Repräsentationen, wie beispielsweise Modelle oder Reaktionsgleichungen (Johnstone, 1991). Die submikroskopische und die symbolische Ebene stehen dabei eng miteinander in Zusammenhang, da symbolische Repräsentationen die Visualisierung der nicht sichtbaren submikroskopischen Konzepte ermöglichen (Davidowitz & Chittleborough, 2009; Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2003).

Um ein Phänomen zu interpretieren, reicht es nicht, das Wissen auf den verschiedenen Ebenen zu reproduzieren, sondern es muss zudem miteinander verknüpft werden, sodass ein mentales Modell entsteht, in dem das Wissen aller Ebenen enthalten und miteinander verbunden ist. Dieses mentale Modell macht es dem Lerner möglich, das Phänomen chemisch folgerichtig zu interpretieren (Abb. 1).

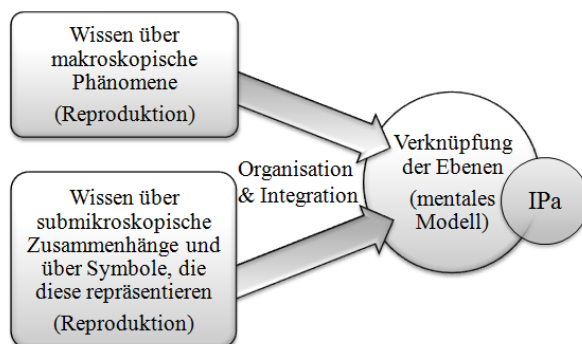


Abb. 1: Interpretation von Phänomenen auf Grundlage atomarer Zusammenhänge

Darüber hinaus führt die Verknüpfung der verschiedenen Repräsentationsebenen zu einem tieferen Verständnis von chemischen Konzepten (Jaber & BouJaoude, 2012; Treagust et al., 2003). Vorliegende Studien konnten allerdings zeigen, dass Lernende im Umgang mit den verschiedenen chemischen Repräsentationsebenen große Schwierigkeiten haben (z.B. Dori & Kaberman, 2012). Insbesondere die Kluft zwischen makroskopischer und submikroskopischer Ebene ist für unerfahrene Lernende ein großes Hindernis beim Verstehen chemischer Konzepte. Viele Lernende sind nicht in der Lage, ihr Wissen über submikroskopische Zusammenhänge zu nutzen, um Phänomene zu interpretieren (z.B. Brook, Briggs & Driver, 1984; Jaber & BouJaoude, 2012; Meijer, Bulte & Pilot, 2009; Treagust et al., 2003). Diese Schwierigkeiten haben typische Fehlvorstellungen zur Folge, die auf der Übertragung

makroskopischer Eigenschaften auf submikroskopische Konzepte beruhen (z.B. Barke, 2006; Busker, 2010). Beispiele hierfür sind die Annahmen, zwischen den Wasserteilchen sei Flüssigkeit (Busker, 2010) oder Schwefelatome seien gelb (Barke, 2006).

Forschungsfragen

F1: Inwieweit sind Erstsemester-Studierende für das Lehramt Chemie in der Lage, ihr Wissen über submikroskopische Zusammenhänge für die Interpretation von Phänomenen im Bereich der Allgemeinen Chemie zu nutzen?

F2: Welchen Einfluss hat die Fähigkeit, chemische Phänomene auf Grundlage von Wissen über submikroskopische Zusammenhänge zu interpretieren, auf den Wissenserwerb von Erstsemester-Studierenden des Lehramts Chemie in der Allgemeinen Chemie?

F3: Welchen Einfluss hat der Wissenserwerb von Erstsemester-Studierenden des Lehramts Chemie in der Allgemeinen Chemie auf die Fähigkeit, chemische Phänomene auf Grundlage von Wissen über submikroskopische Zusammenhänge zu interpretieren?

Studiendesign

Zunächst wird ein Testinstrument entwickelt, das die Fähigkeit der Interpretation von Phänomenen auf Grundlage atomarer Zusammenhänge (IPa) messen soll. Dieser Test und ein bereits entwickelter Fachwissenstest (Freyer, in Vorb.) werden zu Beginn und Ende des ersten Semesters von Lehramtsstudierenden für das Fach Chemie im Modul „Allgemeine Chemie“ eingesetzt. Die Daten werden anschließend im Sinne einer Cross-Lagged-Panel-Analyse ausgewertet (Abb. 2). Diese Analyse soll Aufschluss darüber geben, inwieweit es kausale Zusammenhänge zwischen der Fähigkeit, Phänomene interpretieren zu können, und dem Fachwissenserwerb der Lehramtsstudierenden im ersten Semester gibt.

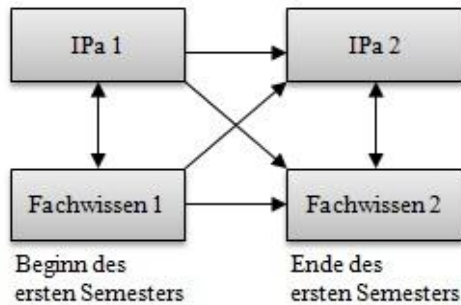


Abb. 2: Cross-Lagged-Panel-Design

Neben dem Fachwissenstest und dem neu entwickelten IPa-Testinstrument werden außerdem Tests zum schlussfolgernden Denken und räumlichen Vorstellungsvermögen (Wilhelm, Schroeders & Schipolowski, 2009) sowie Fragebögen zum Interesse und zur Selbsteinschätzung im Fach Chemie (Freyer, in Vorb.) eingesetzt. Als Stichprobe für die Pilotstudie werden etwa 100 Erstsemesterstudierende für das Lehramt Chemie im Modul „Allgemeine Chemie“ an der Universität Duisburg-Essen befragt.

Testinstrument

Das neu entwickelte Testinstrument soll die Reproduktion von Wissen getrennt von der Fähigkeit messen, dieses Wissen zu organisieren und zu integrieren. Dazu wird es einerseits Items geben, welche die bloße Wiedergabe von Wissen auf der makroskopischen und

submikroskopischen Ebene erfordern, und andererseits Items, bei denen Phänomene auf submikroskopischer Ebene interpretiert werden müssen, wodurch eine Organisation und der Transfer des reproduzierten Wissens erforderlich ist. Zu einem chemischen Konzept wird jeweils ein Item dieser drei Item-Typen entwickelt, so dass es zu einem chemischen Konzept jeweils drei Items geben wird.

Insgesamt besteht der Test zur Hälfte aus Items im Multiple-Choice-Format, zur anderen Hälfte aus offenen Items (Abb. 3, Test A). Eine zweite Version (Test B) des Tests wird die gleichen Aufgaben im jeweils anderen Aufgabenformat enthalten. Darüber hinaus wird es eine dritte und vierte Testversion (Test C & D) geben, welche eine Kombination von Items aus Test A und B enthalten, um weitere Analysen durchführen zu können (Abb. 3).

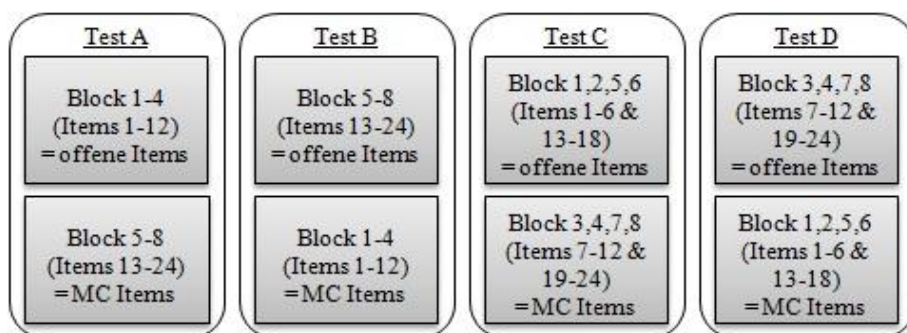


Abb. 3: IPa-Testversionen

Literatur

- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Brook, A., Briggs, H. & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter*. University of Leeds: Children's Learning in Science Projekt
- Busker, M. (2010). *Entwicklung einer adressatenorientierten Übungskonzeption im Übergang Schule. Universität auf Basis empirischer Analysen von Studieneingangsvoraussetzungen*. Tönning, Lübeck, Marburg: Der Andere Verlag
- Davidowitz, B. & Chittleborough, G. (2009). *Linking the Macroscopic and Sub-microscopic Levels: Diagrams*. In J. Gilbert & D. F. Treagust (Hrsg.), *Multiple Representations in Chemical Education. Models and Modeling in Science Education*. Dordrecht: Springer-Verlag, 169-191
- Dori, Y. J. & Kaberman, Z. (2012). *Assessing high school chemistry students' modeling sub-skills in a computerized molecular modeling learning environment*. *Instructional Science*, 40 (1), 69-91
- Freyer, K. (in Vorb.). *Schwierigkeiten Studierender des 1. Semesters im Fach Chemie*, Universität Duisburg-Essen. Essen
- Jaber, L. Z. & BouJaoude, S. (2012). *A Macro-Micro-Symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions*. *International Journal of Science Education*, 34 (7), 973-998
- Johnstone, A. H. (1991). *Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem*. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83
- Meijer, M. R., Bulte, A. M. & Pilot, A. (2009). *Structure-Property Relations Between Macro and Micro Representations: Relevant Meso-levels in Authentic Tasks*. In J. Gilbert & D. F. Treagust (Hrsg.), *Multiple Representations in Chemical Education. Models and Modeling in Science Education*. Dordrecht: Springer-Verlag, 195-213
- Treagust, D., Chittleborough, G. & Mamiala, T. (2003). *The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations*. *International Journal of Science Education*, 25 (11), 1353-1368
- Wilhelm, O., Schroeders, U. & Schipolowski, S. (2009). *BEFKI. Berliner Test zur Erfassung fluider und kristalliner Intelligenz*.

Lernen mit Multiple-Choice-Aufgaben

Aufgaben, die vielfältig und zielgerichtet für verschiedene Lernsituationen ausgelegt sind, können den Lernprozess im Physikunterricht unterstützen. Dennoch ist ihre Bedeutung eher randständig (Leisen, 2006; BLK, 1998); im Standardunterricht steht zumeist das Experiment im Zentrum. Im Rahmen der Weiterentwicklung der Aufgabenkultur soll der Einsatz von Aufgaben aus seiner randständigen Position ins Zentrum des Unterrichts verlagert werden. In der hier dargestellten Studie werden dazu Multiple-Choice-Aufgaben in den Standardunterricht implementiert.

Dem Einsatz von Multiple-Choice-Aufgaben wird ein möglicher Mehrwert für den Lernprozess zugeschrieben (Treagust, 1986) und kritische Aspekte benannt (Butler et al., 2008). Obwohl zahlreiche negative Aspekte über ihren Einsatz in Testsituationen bekannt sind, beschränkt sich die Verwendung von Multiple-Choice-Aufgaben meist auf diese. Alternative Zugänge sind unter anderem von Treagust (1986), Mazur (1996) und Mie (2002) skizziert worden. In dieser empirischen Studie werden angemessene Aufgaben, welche im Vorfeld entwickelt und pilotiert worden sind, und deren unterrichtliche Einbettung betrachtet. Im Gegensatz zu den empirischen Studien auf College- und Universitätsniveau (Mazur, 1996) ist ihr Einsatz im Schulalltag nicht empirisch umfassend untersucht. Zwar hat Mie (2002) verschiedene Einsatzmöglichkeiten dieses Aufgabentyps im schulischen Kontext beschrieben und unter anderem ihren Einsatz zum Feedback sowie gesteigerte Schüleraktivität als potentielle positive Effekte benannt, jedoch stehen empirische Studien noch aus.

In der hier vorgestellten Studie im gekreuzten Paralleldesign wird der Einsatz von Multiple-Choice-Aufgaben im schulischen Physikunterricht, hauptsächlich für Feedback und formatives Assessment (Black 2002) eingesetzt, betrachtet. Die folgenden Hypothesen sind aus dem übergeordneten Projekt „Weiterentwicklung der Aufgabenkultur“ abgeleitet.

- Im Physikunterricht können Multiple-Choice-Aufgaben gewinnbringend in verschiedenen Unterrichtssituationen eingesetzt werden.
- Der Einsatz von Multiple-Choice-Aufgaben unterstützt die Schülerinnen und Schüler im Lernen von Physik.
- Multiple-Choice-Aufgaben können die Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber dem Fach verbessern, insbesondere durch Feedback, Erleichterung der Orientierung im Unterricht sowie Verbesserung der Transparenz.

Die Durchführung der Studie erfolgte in achten Klassen an niedersächsischen Gymnasien. Die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler ($n > 200$) wurden über einen Zeitraum von 4 bis 6 Wochen mittels vorbereiteter Unterrichtssequenzen und -materialien unterrichtet.



Abb. 1: Design der Studie

Die Inhalte entsprechen dem niedersächsischen Kerncurriculum: Mit „Ohm’sches Gesetz/ Widerstände“ und „Hooke’sches Gesetz/ Kräfteaddition“ wurden zwei zentrale Themen ausgewählt, um aufgrund der schulinternen Curricula jeweils ein Modul an einer Schule anbieten zu können.

Die Schülerinnen und Schüler aus Klasse A haben zunächst das Hooke’sche Gesetz klassisch ohne Multiple-Choice-Aufgaben erarbeitet, nachfolgend wurde im Themenbereich „Kräfteaddition“ jeweils auf Multiple-Choice-Aufgaben zurückgegriffen, in Klasse B entsprechend umgekehrt. Zur Erhebung der Schülerperspektive wurden Vor- und Nachtest sowie ein Kurzfragebogen eingesetzt. Neben Items zur Ermittlung des Fachwissens wurden Einstellungen zum Fach sowie Aufgabeneinsatz im Unterricht erfragt. Darüber hinaus hat der Nachtest ein Itemset zum Einsatz der Multiple-Choice-Aufgaben beinhaltet. Neben kurzen Unterrichtsdokumentationsbögen wurden Interviews mit den Lehrern geführt, um die Lehrerperspektive zu erfassen und Einblicke in den tatsächlichen Unterrichtsablauf zu erhalten. Im Folgenden werden erste Befunde vorgestellt.

Zur Erhebung des Fachwissens der Schüler und deren Einstellungen gegenüber dem Fach wurden spezifische Fragebögen entwickelt. Die maximale Bearbeitungszeit der Fragebögen war aus schulorganisatorischen Gründen knapp bemessen, so dass die Zahl der Items im Fachwissenstest begrenzt war. Die eingesetzten Fragebögen wurden auf Grundlagen der Standardtests (u. a. Engelhard & Beichner, 2004; Hestenes et al., 1992) entwickelt, mehrfach pilotiert und überarbeitet. Vor- und Nachtest waren nicht identisch, sondern beinhalteten lediglich einen Itemüberlapp. Im Folgenden wird exemplarisch der Fachwissenstest „Kräfte“ betrachtet.

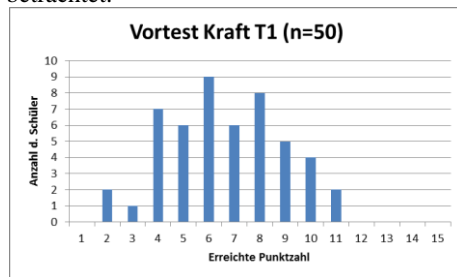


Abb. 2.1: Erreichte Punktzahl Vortest

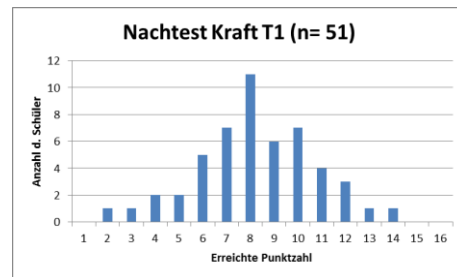


Abb. 2.2: Erreichte Punktzahl Nachtest

Die erreichte Punktzahl spiegelt die Heterogenität der Lerngruppe wider. Zur weiteren Auswertung wird der Umfang der Stichprobe jedoch noch erhöht.

H: Multiple-Choice-Aufgaben unterstützen die Schüler bei der Einsichtnahme in ihren eigenen Lernfortschritt.

Zur Ermittlung der Schülerperspektive wurde auf einen Fragebogen zurückgegriffen, welcher zu verschiedenen Zeitpunkten im Unterricht eingesetzt wurde (vgl. Abb. 1). In Item 10¹ wurden die Schüler nach ihrer Einschätzung des Lernfortschrittes gefragt, welche in den folgenden Grafiken exemplarisch anhand zweier parallel unterrichteter Klassen dargestellt ist. Eine „1“ entspricht dabei einer positiven Bewertung auf der verwendeten vierstufigen Likert-Skala. Während sich bei der zunächst klassisch unterrichteten Lerngruppe die Einsicht in den eigenen Lernprozess verschlechtert (vgl. Abb. 3.1), kann bei der treatment Klasse dieser Effekt nicht beobachtet werden. Trotz zunehmender Komplexität des Unterrichtsgegenstandes verbessert sich die Einschätzung des eigenen Lernfortschritts. Die Auswertung des Items deutet an, dass Multiple-Choice-Aufgaben einen positiven Einfluss auf das Lernen und Lehren von Physik haben können.

¹ Item 10: „In den vergangenen Stunden konnte ich meinen Lernfortschritt einschätzen.“

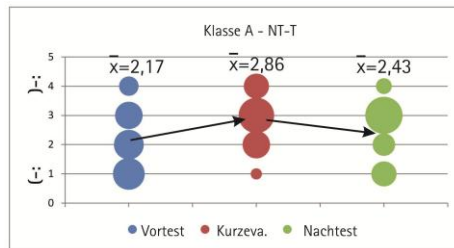


Abb. 3.1: Einsichtnahme in den Lernprozess – Klasse A (non-treat. – treat.)

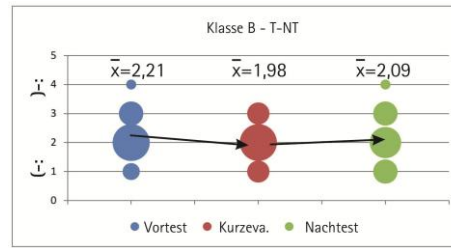


Abb. 3.2: Einsichtnahme in den Lernprozess – Klasse B (treat. – non-treat.)

H: Multiple-Choice-Aufgaben können in verschiedenen Unterrichtssituationen eingesetzt werden.

Der Einsatz der Aufgaben erfolgt in zwei Varianten, der Schwerpunkt ist jedoch auf die Feedback-Funktion zum Stundenende gelegt. Darüber hinaus wurden in ausgewählten Stunden zu Stundenbeginn Multiple-Choice-Aufgaben eingesetzt, welche in der Feedback-Phase erneut aufgegriffen wurden. Somit wurde ein Rahmen mit dem Ziel geschaffen, den Schülern mehr Orientierung im Unterricht zu ermöglichen.

Während die Schüler den Einsatz der Aufgaben allgemein eher positiv bewerten, nehmen die interviewten Lehrer einen differenzierteren Standpunkt ein, welcher im folgenden Interviewausschnitt verdeutlicht wird.

„Ich denke, es wäre eher geeignet am Ende, nochmal so als Feedback, um zu sehen, was ist angekommen, was von diesen Übungsaufgaben können sie jetzt schon umsetzen oder transferieren. [...] So am Anfang - weiß ich nicht. Da schwimmen sie noch zu sehr.“ - Interview mit Lehrer T3, 7:07min

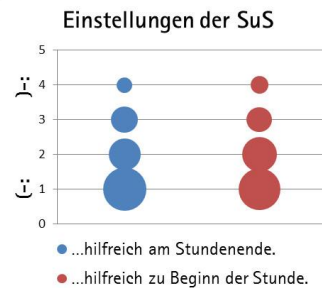


Abb. 4 Einsatz der MC-Aufgaben

Auf Basis der von den Lehrern erstellten Unterrichtsdokumentation werden noch vertiefte Informationen über die Lehrerperspektive ermittelt. Neben dem zeitlichen Aufwand für die Aufgaben und vorgeschriebenen unterrichtlichen Inhalte wurden Einschätzungen zum Erreichen der Lernziele und Einblicknahme in den Lernprozess der Schüler erfragt. Die Auswertung dieser Unterrichtsdokumentation sowie der vorgenommenen Interviews steht jedoch noch aus.

Literatur

- Black, P. et al. (2002). The Nature and Value of Formative Assessment for Learning. London
- BLK (1998). Gutachten zur Vorbereitung des Programms Steigerung der Effizienz d. math.-naturwiss. Unterrichts. Bonn
- Butler, A. C. & Roedinger III, H. L. (2008). Feedback enhances the positive effects and reduces the negative effects of multiple-choice testing. *Memory & Cognition*, 36
- Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72
- Hestenes, D. & Wells, M. (1992). A Mechanics Baseline Test. *The Physics Teacher*, 30
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhammer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30
- Mazur, E. (1996). Peer instruction – A user's manual. Prentice Hall
- Mie, K. (2002). Multiple-Choice-Aufgaben im Unterricht. *Unterricht Physik*, 67
- Treagust, D. (1986). Evaluating student's misconceptions my means of diagnostic multiple choice items. *Research in science education*, 16

Verstehens- und Lernprozesse im Chemieunterricht Design-Experiment zum Verständnis von Summenformeln

Einbettung des Projektes

Durch die Komplexität und die auf unterschiedlichen Ebenen verorteten Teilaspekte des Lernens beinahe jedes Themas im Unterrichtsfach Chemie tauchen bei vielen Schülerinnen und Schülern im Rahmen der schulischen Laufbahn immer wieder und nach wie vor ‚Stolpersteine‘ (Schmidt, 1990) in ihren Lernprozessen auf. Nach Johnstone (2006) liegen wichtige Gründe für Verstehenschwierigkeiten darin, dass es im Unterricht nicht hinreichend gelingt, die unterschiedlichen Ebenen für die Lernenden nachvollziehbar aufzuzeigen und den Wechsel zwischen Makro-, Submikro- und Repräsentationsebene bewusst zu vermitteln. Ohne eine gezielte Thematisierung und Anleitung der Schülerinnen und Schüler ergeben sich - nahezu unabhängig vom konkreten Thema - Schwierigkeiten, die einen motivierten und verständigen Zugang zum Fach Chemie stören (Schwartz, 2006). Durch bisherige Studien (z.B. Schmidt, 1990, 1992), wurden viele sogenannte ‚Stolpersteine‘ identifiziert und ihr Vorkommen empirisch erhoben. Auch gibt es vielfältige Vorschläge, wie den Lernschwierigkeiten begegnet werden kann (z.B. Taber, 2002). Eine systematische Analyse der Lernvorgänge, die zu Alternativvorstellungen und deren Folgen bei den Lernenden führen, findet sich in der Literatur dagegen selten (z.B. van Driel, 1998).

Im vorliegenden Projekt werden in kleinschrittigen, theoriegeleiteten Lehr-Lern-Arrangements die Verstehens- und Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler an ausgewählten problematischen Lerngegenständen des Chemieunterrichts untersucht. Hierzu wird gemäß des Dortmunder Modells der fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Prediger et al., 2012) der zu untersuchende Sachverhalt spezifiziert, strukturiert und in ein sogenanntes Design-Experiment gefasst, das mit kleinen Lerngruppen unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt wird. Die Erkenntnisse aus diesem Arrangement dienen zur Entwicklung von lokalen Theorien über das Lernen bestimmter Sachverhalte und schließlich dazu, den Lerngegenstand besser oder aus anderer Perspektive neu spezifizieren zu können. Auf Grundlage dieser neuen Sichtweise kann das Design-Experiment weiterentwickelt oder ausgetauscht werden, wodurch der Zyklus erneut durchlaufen wird.

Die konkrete Fragestellung

Das erste Design-Experiment im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens zielt auf ein besseres Verständnis der Summenformeln chemischer Verbindungen ab. Als traditionelles Vorgehen, die Summenformel ausgehend von einem experimentellen Ergebnis rechnerisch zu ermitteln, wie es beispielsweise Schmidt (1977) oder Jansen (1984) beschreiben, kann mit den Lernenden das Experiment der Reduktion von Kupferoxid zu Kupfer mit Hilfe von Wasserstoff oder Stadtgas erarbeitet werden. Durch die Berechnung der Massendifferenz zwischen Einwaage von Kupferoxid und Rückwaage des Reaktionsprodukts Kupfer kann die Masse an Sauerstoff in der Verbindung bestimmt werden. Anschließend wird von den Schülerinnen und Schülern erwartet, über das komplexe Konzept der molaren Massen das Stoffmengenverhältnis von Kupfer und Sauerstoff zu bestimmen und daraus die Summenformel der Verbindung herzuleiten. Bei vielen Schülerinnen und Schülern zeigen sich allerdings große Verständnisschwierigkeiten speziell bei der Erfassung und Anwendung des Molbegriffs (Schmidt, 1990; Baalman, 1998), wodurch die komplexe Herleitung das

Nachvollziehen des Rechenweges für einen Großteil der Lernenden behindert. Kommen dann noch alternative Vorstellungen einzelner Schülerinnen und Schüler hinzu, ist allenfalls ein nachahmendes Anwenden von Summenformeln zu erwarten und weniger ein verständiger Umgang mit dieser grundlegenden Symbolik im Fach Chemie (Yarroch, 1985). Ebenso treten häufig Probleme mit der Unterscheidung von vorangestellten Faktoren und den tiefgestellten Indizes in einer komplexeren Formel wie zum Beispiel $2\text{H}_2\text{SO}_4$ auf (Harsch, 2002).

Im Design-Experiment soll nun geprüft werden, inwieweit sich dieser klassische, induktive Weg und ein eher deduktiver Weg in Hinsicht auf das grundsätzliche Verständnis der Schüler von der Aussagekraft einer Summenformel unterscheiden, wobei der zweite, deduktive Weg sich durch den Input der Summenformel und die anschließende Bestätigung durch das Experiment auszeichnet. Dies ermöglicht es, die Ergebnisse des Reduktionsvorganges zu prognostizieren und anschließend die Vorhersagen durch die realen Messwerte zu verifizieren. Schülerinnen und Schüler kommen so schon vor Beginn des Experiments mit den Summenformeln in Kontakt - nicht erst bei der Auswertung wie beim traditionellen Vorgehen. Es wird untersucht, inwieweit dieses Vorgehen zu einer Abschichtung von Verstehensschwierigkeiten und zu einem leichteren Zugang zum Umgang mit Summenformeln führt. Veranschaulicht wird dieses Vorgehen in Abbildung 1.

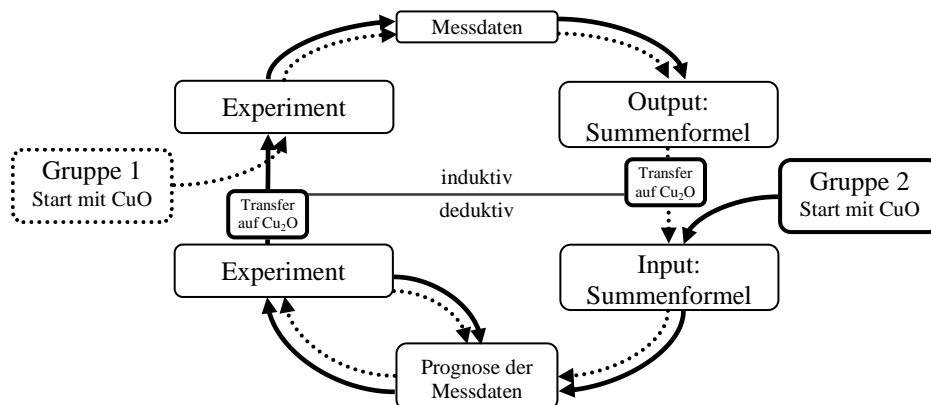


Abb. 1: Ablauf des Design-Experiments

Im Design-Experiment führen die Lernenden in Zweiergruppen je zwei Versionen dieses Versuchs durch, anfangs die Reduktion von Kupfer(II)-oxid und anschließend die Reduktion von Kupfer(I)-oxid. Zum Testen der Hypothese, dass durch das deduktive Vorgehen ein leichter Zugang zum Verständnis von Summenformeln erreicht wird, führen alle Schülergruppen beide Vorgehensweisen durch. Allerdings starten die Schülerpaare abwechselnd mit der traditionellen, induktiven Herangehensweise (Gruppe 1) bzw. mit der zu testenden deduktiven Variante (Gruppe 2). Während der Durchführung werden die Lernenden durch den Interviewer betreut und zu ihren Vorstellungen befragt. So sollen tiefere Einblicke in die Denk- und Verstehensprozesse erreicht und die Schülerinnen und Schüler zum Verbalisieren ihrer Vorstellungen provoziert werden. Die Datenerfassung erfolgt über parallele Video- und Audiografie, zudem werden die Notizen der Lernenden fotografiert bzw. an interaktiven Whiteboards verfasst und gespeichert.

Erste Ergebnisse

Besondere Schwierigkeiten sind bei der Betrachtung von Summenformeln zu erwarten, welche mehr als nur einfache 1:1 Verhältnisse der Stoffmengen beschreiben (Bernholt,

2010; Musli, 2008). Dies hat sich in den bisherigen Auswertungen bestätigt. Hier zeigt sich, dass Schülerinnen und Schüler, die beim Umgang mit der Summenformel CuO kaum Probleme zeigen, beim Transfer auf Cu_2O beispielsweise eine Mischung von Kupfer(II)-oxid und elementarem Kupfer erwarten. Dies lässt vermuten, dass zum einen der Verbindungscharakter, welchen die Summenformel ausdrücken soll, den Lernenden nicht bewusst ist, zum anderen, dass unterschiedliche Oxidationszahlen des gleichen Elements (abgesehen vom elementaren Zustand) im Unterricht der Sekundarstufe I kaum vorkommen, den Schülerinnen und Schülern also nicht geläufig sind.

Ebenso lassen die bisherigen Ergebnisse darauf schließen, dass jene Zweiergruppen, die mit der traditionellen Herangehensweise beginnen, größere Schwierigkeiten beim Verstehen des Experiments und bei der Auswertung der Messdaten haben. Um aussagekräftige Ergebnisse in Bezug auf die Hypothese zu erhalten, sind allerdings noch weitere Untersuchungen durchzuführen. Hierfür ist zusätzlich geplant, die Rolle des Interviewers weiter zu standardisieren, was im nächsten Schritt durch den Einsatz von unterschiedlichen Hilfestellungen realisiert werden soll. Diese Hilfestellungen beginnen mit dem Hineinreichen eines Concept Cartoons (Keogh, 1999), dessen Aussagen sich an den Antwortmöglichkeiten der Multiple-Choice-Fragebögen von Schmidt (1990) orientieren. Als nächst stärkere Intervention ist zurzeit ein alternativer Zugang zur Stoffmenge in Arbeit, der den Begriff des Mols möglichst umgeht. Die stärkste Intervention in den Lern- und Verstehensprozess der Schülerinnen und Schüler stellt eine Beispielrechnung dar, welche für eine ähnliche Verbindung genau die durchzuführende Berechnung vornimmt, den Lernenden also nur noch den Transfer auf den vorliegenden Stoff abverlangt.

Diese Hilfestellungen werden zusammen mit den standardisierten Intervieweranweisungen nach Fertigstellung an Schülerinnen und Schülern einer Schulklasse getestet, um einen gewissen Leistungsquerschnitt zu erhalten; allerdings soll die Experimentiergröße von zwei Lernenden pro Gruppe beibehalten bleiben.

Literatur

- Bernholt, S. et al. (2010). Die Sprache der Chemie verstehen: SO_2 , CaCl_2 und Molekülmodelle. In D. Höttecke (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik*. Berlin: LIT Verlag
- van Driel, J. (1998). Developing secondary students' conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 20 (4)
- Harsch, G., Heimann, R. & Kipker, A. (2002). Verständnisprobleme mit der Formelsprache im Chemieunterricht. *Chimica Didacticae*, 28
- Jansen, W. et al. (1984). Zur Ermittlung chemischer Formeln im Anfangsunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 32 (6)
- Johnstone, A. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7 (2)
- Keogh, B. (1999). Concept Cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education* 21 (4)
- Musli, S. (2008). Die chemische Formelsprache im Spannungsfeld von Schülerleistung und Lehrererwartungen. Schöningh-Verlag Münster
- Prediger, S. et al. (2012). Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen: Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. *MNU*, 65 (8), (angenommen, im Druck).
- Schmidt, H.-J., Seitz, H. (1977). *Denken und Experimentieren. Experimentieren und Denken*. Köln: Aulis
- Schmidt, H.-J. (1990). *Stolpersteine im Chemieunterricht*. Frankfurt a.M.: Diesterweg Sauerländer
- Schmidt, H.-J. (1992). *Harte Nüsse im Chemieunterricht*. Frankfurt a.M.: Diesterweg Sauerländer
- Schwartz A. (2006). Contextualized Chemistry Education: The American experience. *International Journal of Science Education*, 28 (9)
- Taber, K. (2002). *Chemical Misconceptions: prevention, diagnosis and cure*. Cambridge: Royal Society of Chemistry
- Yarroch, W. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (5)

Abdellah, Mahdi, Maitre Assistant

ENS Algier
Didaktik der Physik
Frères Sellami, 14
16000 Vieux Kouba, Algier
Algerien
abdellah@yahoo.fr

377

Abels, Simone, Dr.

Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4/2
1090 Wien
Österreich
simone.abels@univie.ac.at

380, 383

Achenbach, Christopher

Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
Deutschland
Christopher.Achenbach@didaktik.physik.uni-giessen.de

284

Adesokan, Adejoke

Universität zu Köln
Institut für Chemie und ihre Didaktik
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
Deutschland
adejoke.adesokan@uni-koeln.de

98

Albertus, Michael

FU Berlin
Didaktik der Chemie
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland

186

Amenda, Thomas

BBS Ammerland
Universität Bremen, IDN - Abt.
Physikdidaktik
Auguststr. 67
26121 Oldenburg
Deutschland
thomas.amenda@uni-bremen.de

269

Ammann, Andreas, Dr.

Martin-Luther-Universität Halle-
Wittenberg
Didaktik der Biologie
Weinbergweg 10
06099 Halle
Deutschland
andreas.ammann@kabelmail.de

263

Anton, Michael, Prof. Dr.

LMU München
Didaktik der Chemie
Butenandtstr. 5-13
81377 München
Deutschland
mao@cup.uni-muenchen.de

647

Anus, Sandra

Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
sandra.anus@tu-dortmund.de

584

Aschenbruck, Jens, Dipl.-Ing.

Leibniz Universität Hannover
TFD
Appelstraße 9
30167 Hannover
Deutschland
aschenbruck@tfd.uni-hannover.de

659

Bacquet-Pérez, Eduardo

Pädagogische Hochschule Heidelberg
Fakultät III; Physik
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
ebacquet.perez@gmail.com

575

Bader, Angelika

Wacker Chemie AG
Corporate Communications
Hanns-Seidel-Platz 4
81737 München
angelika.bader@wacker.com

647

Barth, Maximilian

Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und
Physik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Deutschland
barth@idmp.uni-hannover.de

221

Bartosch, Ilse, Dr.

Universität Wien
Didaktik der Physik und eLearning
Währingerstraße 17
A-1090 Wien
Österreich
ilse.bartosch@univie.ac.at

653

Belova, Nadja

Universität Bremen
IDN: Didaktik der Chemie
Leobener Str. NW2
28359 Bremen
Deutschland
n.belova@uni-bremen.de

476

Berger, Roland, Prof. Dr.

Universität Osnabrück
Didaktik der Physik
Barbarastraße 7
49076 Osnabrück
Deutschland
r.berger@uos.de

740

Bergs, Meike

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
meike.bergs@uni-due.de

116

Bernholt, Sascha, Dr.

IPN
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24098 Kiel
Deutschland
bernholt@ipn.uni-kiel.de

27, 233, 536, 602

Bertels, Nina

Carl-Bosch-Oberschule/FU Berlin
Didaktik der Chemie
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
didaktik@chemie.fu-berlin.de

186

Best, Jessie, Dr.

TU Dresden
Didaktik der Physik
Zellescher Weg 20
1062 Dresden
Deutschland
jessie.best@tu-dresden.de

488, 707

Bindel, Louise

Martin-Luther-Universität Halle-
Wittenberg
Didaktik der Biologie
Weinbergweg 10
6099 Halle / S.
Deutschland
Louise.Bindel@biodidaktik.uni-halle.de

266

Björkman, Jaana

Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Chemie
Brook-Taylor-Straße 2
12489 Berlin
Deutschland
jaana.bjoerkman@chemie.hu-berlin.de

68, 71

Bögeholz, Susanne, Prof. Dr.

Universität Göttingen
Didaktik der Biologie
Waldweg 26
37073 Göttingen
Deutschland
sboege@gwdg.de

146, 149

Böhm, Ulrike, Dr.

TU Dresden
Didaktik der Physik; ZLSB
Zellescher Weg 20
01217 Dresden
Deutschland
Ulrike.Boehm@mailbox.tu-dresden.de

371

Böhret, Marcus
 Pädagogische Hochschule
 Abteilung Chemie
 Oberbettringerstraße 200
 73525 Schwäbisch Gmünd
 Deutschland
 marcus.boehret@ph-gmuend.de

80

Bölsterli, Katrin
 Pädagogische Hochschule
 Zentralschweiz, Luzern
 Didaktik der Naturwissenschaften
 Pfistergasse 20, Postfach 7660
 CH-6000 Luzern 7
 Schweiz
 katrin.boelsterli@phz.ch

422

Bolte, Claus, Prof. Dr.
 Freie Universität Berlin
 Didaktik der Chemie
 Takustraße 3
 14195 Berlin
 Deutschland
 claus.bolte@fu-berlin.de

178, 180, 186, 189, 192, 197, 200, 482,
 704

Bolten, Mareike
 Universität Hildesheim
 Institut für Biologie und Chemie - Abt.
 Chemie
 Marienburger Platz 22
 31141 Hildesheim
 Deutschland
 bolten@uni-hildesheim.de

272

Börlin, Johannes
 Pädagogische Hochschule FHNW
 Zentrum Naturwissenschafts- und
 Technikdidaktik
 Riehenstrasse 154
 CH-4058 Basel
 Schweiz
 johannes.boerlin@fhnw.ch

183, 470

Borowski, Andreas, Prof. Dr.
 RWTH Aachen
 Didaktik der Physik und Technik
 Sommerfeldstraße 14
 52074 Aachen
 Deutschland
 borowski@physik.rwth-aachen.de

206, 518, 530, 590, 608, 674

Brandenburger, Martina
 Pädagogische Hochschule Freiburg
 Abteilung Physik
 Kunzenweg 21
 79117 Freiburg
 Deutschland
 Martina.Brandenburger@ph-freiburg.de

761

Brausewetter, Kerstin
 Leibniz Universität Hannover
 Institut für Didaktik der
 Naturwissenschaften
 Am Kleinen Felde 30
 30167 Hannover
 Deutschland
 brausewetter@idn.uni-hannover.de

125

Brebeck, Ingo
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 ingo.brebeck@uni-due.de

623

Bresges, André
 Universität zu Köln
 Institut für Physik und ihre Didaktik
 Gronewaldstraße 2
 50931 Köln
 Deutschland

440

Brückmann, Maja, Dr.
 IPN
 Didaktik der Physik
 Olshausenstraße 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 Brueckmann@ipn.uni-kiel.de

92, 236, 602

Buck, Peter, Prof. Dr.
 Pädagogische Hochschule Heidelberg
 Institut für Sachunterricht
 Rohrbacherstr. 56
 D-69115 Heidelberg
 Deutschland
 pbuck-heidelberg@t-online.de

350

Bühler, Bernd, Dr.
 Gymnasium Bad Waldsee
 Döchtbühlweg 2
 88339 Bad Waldsee
 Deutschland
 bernd_buehler@freenet.de

335

Busch, Hannah
 Technische Universität Dortmund
 Didaktik der Chemie 1
 Otto-Hahn-Str. 6
 44227 Dortmund
 Deutschland
 hannah.busch@tu-dortmund.de

380, 389

Buschhüter, David
 RWTH Aachen
 Didaktik der Physik und Technik
 Sommerfeldstraße 14
 52066 Aachen
 Deutschland
 buschhueter@physik.rwth-aachen.de

674

Busker, Maike, Prof. Dr.
 Universität Flensburg
 Institut für Physik und Chemie und ihre
 Didaktik
 Auf dem Campus 1
 24943 Flensburg
 Deutschland
 maike.busker@uni-flensburg.de

224

Carell, Stefanie
 Pädagogische Hochschule FHNW
 Professur Didaktik des Sachunterrichts
 IVU
 Benzburweg 30
 4410 Liestal
 Schweiz
 stefanie.carell@fhnw.ch

560

Clausen, Simon
 Universität Flensburg
 Institut für Physik
 Auf dem Campus 1
 24943 Flensburg
 Deutschland
 simon-clausen@uni-flensburg.de

557

Crossley, Antony
 Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
 Didaktik der Physik
 Reuteallee 40
 71634 Ludwigsburg
 Deutschland
 crossley@ph-ludwigsburg.de

743

Di Fuccia, David-Samuel, Prof. Dr.
 Universität Kassel
 Didaktik der Chemie
 Heinrich-Plett-Str. 40
 34109 Kassel
 Deutschland
 difuccia@uni-kassel.de

62, 143, 338, 665

Dickmann, Martin
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Physik (AG Theyßen)
 Universitätsstraße 2
 45117 Essen
 Deutschland
 martin.dickmann@uni-due.de

587, 596

Dittmer, Arne, Dr.
 Universität Hamburg
 Didaktik der Biologie
 Von-Melle-Park 8
 20146 Hamburg
 Deutschland
 arne_dittmer@web.de

353, 365

Domschke, Stephan
 Martin-Luther-Universität Halle-
 Wittenberg
 Didaktik der Biologie / Geographie
 Weinbergweg 10
 06099 Halle
 Deutschland

260

Döring, Brigitte
 IPN
 "SINUS an Grundschulen"
 Olshausenstr. 62
 24098 Kiel
 Deutschland
 doering@ipn.uni-kiel.de

170

Dorschu, Alexandra

Universität Duisburg-Essen
 Physikdidaktik
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 alexandra.dorschu@uni-due.de

314

Draude, Martin

Universität Kassel
 Didaktik der Physik
 Heinrich-Plett-Straße 40
 34132 Kassel
 Deutschland
 draude@physik.uni-kassel.de

251

Duit, Reinders, Prof. Dr.

IPN Kiel
 Didaktik der Physik
 Heisterkamp 14
 24211 Preetz
 Deutschland
 rduit@t-online.de

167

Düker, Peter

Universität Hamburg
 Didaktik der Naturwissenschaften -
 Chemie
 Binderstr. 34
 20146 Hamburg
 Deutschland

356

Effertz, Christian, Dr.

RWTH Aachen
 1. Physikalisches Institut 1a
 Sommerfeldstraße 14
 52074 Aachen
 Deutschland

686

Egbers, Maria

Universität Münster
 Didaktik der Chemie
 Münster
 Deutschland

461

Eggert, Sabina, Dr.

Universität Göttingen
 Didaktik der Biologie
 Waldweg 26
 37073 Göttingen
 Deutschland
 seggert1@gwdg.de

146, 149

Eghtessad, Axel

TU Braunschweig
 Physikdidaktik
 Bienroder Weg 82
 38106 Braunschweig
 D
 a.eghtessad@tu-bs.de

629

Eickhorst, Bodo
 Universität Bremen
 Institut für Didaktik der
 Naturwissenschaften
 Otto-Hahn-Allee 1
 28359 Bremen
 Deutschland
 bodoe@uni-bremen.de

596

Eilks, Ingo, Prof. Dr.
 Universität Bremen
 IDN
 Leobener Str.
 28334 Bremen
 Deutschland
 eilks@uni-bremen.de

476, 665, 716

Eller, Stephanie
 Freie Universität Berlin
 Didaktik der Physik
 Arnimallee 14
 14195 Berlin
 Deutschland
 s.eller@fu-berlin.de

626

Emden, Markus, Dr.
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 markus.emden@uni-due.de

122, 203

Epple, Matthias, Prof. Dr.
 Universität Duisburg-Essen
 Institut für Anorganische Chemie
 Universitätsstraße 5-7
 45117 Essen
 Deutschland
 Matthias.Epple@uni-due.de

227

Erb, Roger, Prof. Dr.
 Goethe-Universität Frankfurt am Main
 Institut für Didaktik der Physik
 Max-von-Laue-Str. 1
 60438 Frankfurt am Main
 Deutschland
 roger.erb@physik.uni-frankfurt.de

74, 83, 86

Euler, Manfred, Prof. Dr.
 IPN Kiel
 Didaktik der Physik
 Olshausenstr. 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 euler@ipn.uni-kiel.de

92, 722

Fandrich, Jörg
 Freie Universität Berlin
 Didaktik der Physik
 Arnimallee 14
 14195 Berlin
 Deutschland

713

Fäth, Johannes
 Ludwig-Maximilians-Universität
 München
 Didaktik der Physik
 Theresienstraße 37
 80333 München
 Deutschland
 JFaeth@gmx.de

746

Fechner, Sabine, Jun.-Prof. Dr.
 Universität Hannover
 Didaktik der Naturwissenschaften
 Am Kleinen Felde 30
 30167 Hannover
 Deutschland
 fechner@idn.uni-hannover.de

308, 311

Feierabend, Timo, Dr.
 Universität Bremen
 IDN: Didaktik der Chemie
 Leobener Str. NW2
 28359 Bremen
 Deutschland
 feierabend.t@gmx.de

476

Ferber, Nora
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 nora.ferber@uni-due.de

203

Finkler, Andreas
 TU Kaiserslautern
 AG Didaktik der Physik
 Erwin-Schrödinger-Str. 46
 67663 Kaiserslautern
 Deutschland

437

Fischer, Claudia, Dr.
 IPN
 "SINUS an Grundschulen"
 Olshausenstr. 62
 24098 Kiel
 Deutschland
 cfischer@ipn.uni-kiel.de

170

Fischer, Hans E., Prof. Dr.
 Universität Duisburg-Essen
 Fachbereich Physik
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 hans.fischer@uni-due.de

89, 206, 305, 314, 473, 503, 518, 530

Freisfeld, Arne
 Pädagogische Hochschule Freiburg
 Physik
 Kunzenweg 21
 79117 Freiburg
 Deutschland
 mail@arnefreisfeld.de

137

Freking, Michael
 Universität Osnabrück
 Didaktik der Physik
 Barbarastraße 7
 49076 Osnabrück
 Deutschland
 mfreking@Uni-Osnabrueck.DE

740

Freyer, Katja
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 Katja.Freyer@uni-due.de

227

Fricke, Annika
 Universität Bremen
 IDN, Abt. Physikdidaktik
 Otto-Hahn-Allee 1
 28359 Bremen
 Deutschland
 africke@physik.uni-bremen.de

161

Fricke, Katharina
 Universität Duisburg-Essen
 Fakultät für Physik, Abt. Didaktik der
 Physik
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 katharina.fricke@uni-due.de

89, 620

Friege, Gunnar, Prof. Dr.
 Leibniz Universität Hannover
 Institut für Didaktik der Mathematik und
 Physik
 Welfengarten 1
 30167 Hannover
 Deutschland
 friege@idmp.uni-hannover.de

221, 680, 770

Gabeler, Anja
 Leibniz Universität Hannover
 IDMP - AG Didaktik der Physik
 Welfengarten 1
 30167 Hannover
 Deutschland
 anja.gabeler@t-online.de

656

Gebhard, Ulrich, Prof. Dr.
 Universität Hamburg
 Didaktik der Biologie
 Von-Melle-Park 8
 20146 Hamburg
 Deutschland
 ulrich.gebhard@uni-hamburg.de

353, 362

Georges, Sascha
 Martin-Luther-Universität Halle-
 Wittenberg
 Didaktik der Biologie
 Weinbergweg 10
 06099 Halle
 Deutschland
 mlindnereffland@netscape.net

263

Girwidz, Raimund, Prof. Dr.

LMU München
Didaktik der Physik
Theresienstraße 37
80333 München
Deutschland
girwidz@lmu.de

113, 290, 323, 746

Gramzow, Yvonne

Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburgerstr. 100
33098 Paderborn
Deutschland
ygramzow@mail.upb.de

527

Göhring, Anja, Prof. Dr.

Universität Regensburg
Fakultät für Physik, Naturwissenschaft
und Technik
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
anja.goehring@physik.uni-regensburg.de

275

Greinert, Larissa

Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossietzky Straße 9-11
26 Oldenburg
Deutschland
larissa.greinert@uni-oldenburg.de

95

Gottwald, Anja

Universität Bielefeld
Didaktik der Chemie
Universitätsstr. 25
33615 Bielefeld
Deutschland
anja_gottwald@web.de

479

Gröger, Martin, Prof. Dr.

Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Str. 2
57076 Siegen
Deutschland
groeger@chemie.uni-siegen.de

563, 569, 572

Graf, Sönke

Pädagogische Hochschule Heidelberg
Fakultät III - Naturwissenschaften
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
lowfox@gmx.de

500

Groß, Katharina

Universität zu Köln
Institut für Chemie und ihre Didaktik
Herbert-Lewin-Str.2
50931 Köln
Deutschland
katharina.gross@uni-koeln.de

257

Großebrahm, Nicola
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 nicola.grossebrahm@uni-due.de

278

Güdel, Karin, dipl. ing. ETH
 Fachhochschule Nordwestschweiz PH
 Naturwissenschaftsdidaktik
 Clarastrasse 57
 5000 Basel
 Schweiz
 karin.guedel@fhnw.ch

410, 413, 416

Gut, Christoph
 Pädagogische Hochschule Zürich
 Naturwissenschaften und Technik
 zeltweg 21a
 8050 Zürich
 Schweiz
 christoph.gut@phzh.ch

104

Haagen-Schützenhöfer, Claudia, Dr.
 Universität Wien
 AECC Physik
 Porzellangasse 4/2/2
 1090 Wien
 Österreich
 claudia.haagen@univie.ac.at

431, 695

Hadenfeldt, Jan Christoph
 IPN
 Didaktik der Physik
 Olshausenstraße 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 hadenfeldt@ipn.uni-kiel.de

599

Härtig, Hendrik, Prof. Dr.
 IPN
 Didaktik der Physik
 Olshausenstraße 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 haertig@ipn.uni-kiel.de

593

Hasselbrink, Eckart, Prof. Dr.
 Universität Duisburg-Essen
 Physikalische Chemie
 Universitätsstraße 5
 45141 Essen
 Deutschland
 eckart.hasselbrink@uni-due.de

464, 767

Häusle, Ivo
 Pädagogische Hochschule Heidelberg
 Didaktik der Physik
 Talstrasse 3a
 69221 Dossenheim
 Deutschland
 haeusle@ph-heidelberg.de

497

Hawner, Martin
 Universität Würzburg
 CERN
 martin.hawner@cern.ch

662

Heidrich, Jan
 IPN Keil
 Olshausenstraße 32
 24098 Kiel
 Deutschland
 heidrich@ipn.uni-kiel.de

677

Heine, Antje
 TU Dresden
 Didaktik der Physik
 Zellescher Weg 20
 01062 Dresden
 Deutschland
 antje.heine@web.de

488, 707

Heine, Desiree
 Universität Koblenz-Landau, Campus
 Landau
 Physikdidaktik
 Fortstraße 7
 76829 Landau
 Deutschland
 heine@uni-landau.de

701

Heinicke, Susanne, Dr.
 Universität Oldenburg
 Didaktik der Physik
 Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11
 26111 Oldenburg
 Deutschland
 susanne.heinicke@uni-oldenburg.de

46

Heinke, Heidrun, Prof. Dr.
 RWTH Aachen
 1. Physik. Institut 1a
 Sommerfeldstraße 14
 52074 Aachen
 Deutschland

686

Heinrichs, Julia
 Universität Kassel
 Didaktik der Chemie
 Heinrich-Plett-Str. 40
 34109 Kassel
 Deutschland
 Julia.Heinrichs@uni-kassel.de

143

Heinze, Christin
 Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
 Physikalische Grundpraktika
 Universitätstr. 1
 40225 Düsseldorf
 Deutschland
 Christin.Heinze@uni-duesseldorf.de

689

Heitzmann, Anni, Prof. Dr.
 PH Fachhochschule Nordwestschweiz
 Professur Naturwissenschaftsdidaktik
 Clarastrasse 57
 4058 Basel
 Schweiz
 anni.heitzmann@fhnw.ch

407, 410, 413, 416

Hemberger, Joachim
 Universität zu Köln
 Institut für Physik und ihre Didaktik
 Gronewaldstraße 2
 50931 Köln
 Deutschland

440

Hempelmann, Rolf, Prof. Dr.
 Universität des Saarlandes
 Physikalische Chemie
 Universität des Saarlandes, Campus
 Gebäude B2 2
 66123 Saarbrücken
 Deutschland

716

Henke, Andreas
 Universität Bremen
 Didaktik der Physik
 Postfach 330440
 28334 Bremen
 Deutschland
 mail.andreas.henke@googlemail.com

398

Henning, Teresa
 Technische Universität Braunschweig
 IFdN - Abt. Physik und Physikdidaktik
 Bienroder Weg 82
 38106 Braunschweig
 Deutschland
 t.henning@tu-bs.de

374

Henrich, Stephanie
 Leibniz Universität Hannover
 Didaktik der Naturwissenschaften
 Am Kleinen Felde 30
 30167 Hannover
 Deutschland
 henrich@idn.uni-hannover.de

764

Herzog, Stefanie
 IPN Kiel
 Didaktik der Chemie
 Olshausenstr. 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 herzog@ipn.uni-kiel.de

230, 536

Hilfert-Rüpell, Dagmar, Dr.
 TU Braunschweig
 Biologiedidaktik
 Bienroder Weg 82
 38106 Braunschweig
 D
 d.hilfert-rueppell@tu-bs.de

629

Hock, Kristina, Dr.
Ludwig-Maximilians-Universität
Didaktik der Chemie
Butenandtstr. 7-13
81377 München
Deutschland
Kristina.Hock@lmu.de

647, 650

Höner, Kerstin, Prof. Dr.
TU Braunschweig
Chemiedidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
D
k.hoener@tu-bs.de

629

Hoffmann, Mario
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustraße 3
14195 Berlin
Deutschland
m.hoffmann@fu-berlin.de

482

Hopf, Martin, Prof. Dr.
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
martin.hopf@univie.ac.at

431, 467, 515, 695

Hofmann, Jan
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
Deutschland
jan.hofmann@didaktik.physik.uni-
giessen.de

611

Horn, Martin Erik, Dr.
www.grassmann-algebra.de
Schütte-Lanz-Str. 61
12209 Berlin
Deutschland
mail@grassmann-algebra.de

320

Hohenstein, Sebastian, Dipl.-Ing.
Leibniz Universität Hannover
TFD
Appelstraße 9
30167 Hannover
Deutschland
hohenstein@tfd.uni-hannover.de

659

Höttecke, Dietmar, Prof. Dr.
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Hamburg
Deutschland
dietmar.hoettecke@uni-hamburg.de

32, 353, 359, 398, 725, 728

Hugo, Aksel, Dr.

Norwegian University of Life Sciences
Didaktik der Naturwissenschaft
Skolegaten
3484 Holmsbu
Norwegen
aksel.hugo@umb.no

344

Kallweit, Inga

Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
Inga.Kallweit@tu-dortmund.de

581

Hundertmark, Sarah

Leibniz Universität Hannover
Chemiedidaktik
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
hundertmark@idn.uni-hannover.d

764

Kammerer, Yvonne, Dr.

IWM Tübingen
Institut für Wissensmedien
Schleichstraße 6
72076 Tübingen
Deutschland
y.kammerer@iwm-kmrc.de

755

Huwer, Johannes

Universität des Saarlandes
Saarbrücken
Deutschland

716

Karam, Ricardo, Dr.

Universität Hamburg
Fakultät EPB
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
karam@daad-alumni.de

506

Ihne, Mathias

Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
Deutschland
Mathias.Ihne@didaktik.physik.uni-
giessen.de

296

Kauertz, Alexander, Prof. Dr.

Universität Landau
Physikdidaktik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
kauertz@uni-landau.de

308, 314, 605, 698, 701

Kechel, Jan-Henrik

Universität Kassel
 Didaktik der Physik
 Heinrich-Plett-Straße 40
 34132 Kassel
 Deutschland
 kechel@physik.uni-kassel.de

254

Kinscher, Alina

Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 alina.happe@uni-due.de

578

Keck, Daniel

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
 Institut für Naturwissenschaften und
 Technik
 Reuteallee 46
 71602 Ludwigsburg
 Deutschland
 keck@ph-ludwigsburg.de

485, 755

Kirschner, Sophie

Universität Duisburg-Essen
 Fachbereich Physik
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 sophie.kirschner@uni-due.de

518

Keinonen, Tuula, Prof. Dr.

University of Eastern Finland
 Science Education
 Joensuu
 Finland
 konstanze.scheurer@fu-berlin.de

200

Klingenberg, Konstantin, Dr.

TU Braunschweig
 Biologiedidaktik
 Bienroder Weg 82
 38106 Braunschweig
 D
 k.klingenberg@tu-bs.de

629

Kellermann, Thomas

Universität Osnabrück
 Didaktik der Physik
 Barbarastraße 7
 49076 Osnabrück
 Deutschland
 thkeller@uni-osnabrueck.de

740

Klostermann, Mareike

IPN Kiel
 Didaktik der Chemie
 Olshausenstraße 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 klostermann@ipn.uni-kiel.de

224

Knittel, Corinne
 Pädagogische Hochschule Freiburg
 Physik
 Kunzenweg 21
 79117 Freiburg
 Deutschland
 knittel@ph-freiburg.de

137, 140

Koch, Alexander
 Pädagogische Hochschule FHNW
 Zentrum für Naturwissenschafts- u
 Technikdidaktik
 Riehenstrasse 154
 4058 Basel
 Schweiz
 alexander.koch@fhnw.ch

617

Kohnen, Marcus, Dr.
 Gymnasium Essen-Warden
 Am Chursbusch 55a
 44879 Bochum
 Deutschland
 marcus.kohnen@uni-due.de

455

Koliander, Brigitte
 Universität Wien
 AECC Chemie
 Porzellangasse 4, 2. Stiege, 2. Stock
 A-1100 Wien
 Österreich
 brigitte.koliander@univie.ac.at

368

Kometz, Andreas, Prof. Dr.
 Friedrich-Alexander-Universität
 Erlangen-Nürnberg
 Didaktik der Chemie
 Regensburger Straße 160
 90478 Nürnberg
 Deutschland
 kometz@ewf.uni-erlangen.de

287

Komorek, Michael, Prof. Dr.
 Universität Oldenburg
 Didaktik der Physik
 Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11
 26129 Oldenburg
 Deutschland
 michael.komorek@uni-oldenburg.de

95, 425, 428, 644

Körbs, Caroline
 Humboldt Universität zu Berlin
 Didaktik der Chemie
 Brook-Taylor-Str. 2
 12489 Berlin
 Deutschland
 koerbs.caroline@chemie.hu-berlin.de

212, 737

Korff, Sebastian,
 Universität Flensburg
 Institut für Physik und Chemie und ihre
 Didaktik
 Auf dem Campus 1
 24943 Flensburg
 Deutschland
 sebastian.korff@uni-flensburg.de

332

Korneck, Friederike, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt/M
Institut für Didaktik der Physik
Max von Laue Straße 1
60438 Frankfurt/M
Deutschland
korneck@em.uni-frankfurt.de

392, 395

Korner, Marianne
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2/203
1090 Wien
Österreich
marianne.korner@univie.ac.at

467

Körner, Hans-Dieter, Prof. Dr.
PH Schwäbisch Gmünd
Didaktik der Naturwissenschaften
Oberbettringer Straße 200
73525 Schwäbisch Gmünd
Deutschland
stefan.schroedter@ph-gmuend.de

74, 77, 80

Köster, Hilde, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik des Sachunterrichts
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
D
hilde.koester@fu-berlin.de

542, 551

Krabbe, Heiko, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Physikdidaktik
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
heiko.krabbe@uni-due.de

314, 503

Krainer, Konrad
Universität Klagenfurt
Klagenfurt
Deutschland

173

Kraus, Ute, Prof. Dr.
Universität Hildesheim
Institut für Physik
Marienburger Platz 22
31141 Hildesheim
Deutschland
ute.kraus@uni-hildesheim.de

317, 710

Krauß, Rüdiger
Universität Jena
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 6-8
7743 Jena
Deutschland
ruedi.krauss@uni-jena.de

101

Krees, Simone, Dr.
 Bergische Universität Wuppertal
 Chemie und ihre Didaktik
 Gausstr. 20
 42119 Wuppertal
 Deutschland
 krees@uni-wuppertal.de

647

Krey, Olaf, Dr.
 Universität Potsdam
 Lehrstuhl Didaktik der Physik
 Karl-Liebknecht-Str. 24/25
 14476 Potsdam-Golm
 Deutschland
 Olaf.Krey@uni-potsdam.de

164, 494, 635, 638, 683

Krischer, Daniela
 Universität Siegen
 Didaktik der Chemie
 Adol-Reichwen-Str.2
 57076 Siegen
 Deutschland
 krischer@chemie.uni-siegen.de

563

Krofta, Helen
 Freie Universität Berlin
 Didaktik der Physik
 Arnimallee 14
 14195 Berlin
 Deutschland
 hkrofta@zedat.fu-berlin.de

713

Kröger, Jochen
 IPN Kiel
 Didaktik der Physik
 Olshausenstraße 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 kroeger@ipn.uni-kiel.de

533

Krüger, Janne
 Universität Hamburg
 Didaktik der Physik
 Kroogblöcke 74
 22119 Hamburg
 Deutschland
 Janne.krueger@googlemail.com

728

Krumphals, Ingrid
 Universität Wien
 AECC Physik
 Porzellangasse 4/2/2
 1090 Wien
 Österreich
 ingrid.krumphals@univie.ac.at

515

Kubin, Dennis
 Leibniz Universität Hannover
 Institut für Didaktik der Mathematik und
 Physik
 Welfengarten 1
 30167 Hannover
 Deutschland
 kubin.dennis@mh-hannover.de

680

Kuhn, Jochen, Prof. Dr.

Technische Universität Kaiserslautern
 Fachbereich Physik/AG Didaktik der
 Physik
 Erwin-Schrödinger-Str. 46
 67663 Kaiserslautern
 Deutschland
 kuhn@physik.uni-kl.de

434, 437

Kulgemeyer, Christoph, Dr.

Universität Bremen
 IDN - Abteilung Physikdidaktik
 Otto-Hahn-Allee 1
 28359 Bremen
 Deutschland
 kulgemeyer@physik.uni-bremen.de

269, 521, 524

Labudde, Peter, Prof. Dr.

PH Fachhochschule Nordwestschweiz
 Zentrum Naturwissenschafts- und
 Technikdidaktik
 Riehenstrasse 154
 4058 Basel
 Schweiz
 peter.labudde@fhnw.ch

104, 176, 183, 470, 617

Lamprecht, Jan, Dr.

Goethe-Universität Frankfurt/M
 IDP
 Max von Laue Straße 1
 60438 Frankfurt/M
 D
 lamprecht@physik.uni-frankfurt.de

392, 395

Lange, Josef, Dr.

Staatssekretär im Ministerium für
 Wissenschaft und Kultur
 Niedersachsen
 Hannover
 Deutschland

30

Lange, Kim, Dr.

Universität Augsburg
 Grundschulpädagogik und
 Grundschuldidaktik
 Universitätsstraße 10
 86135 Augsburg
 Deutschland
 kim.lange@phil.uni-augsburg.de

692

Latef, Ahmed, Dr.

ENS Algier
 Didaktik der Physik
 Frères Sellami, 14
 16000 Vieux Koub, Algier
 Algerien
 elatef2000@yahoo.fr

377

Laukenmann, Matthias, Prof. Dr.

Pädagogische Hochschule Heidelberg
 Physik und ihre Didaktik
 Im Neuenheimer Feld 561
 69120 Heidelberg
 Deutschland
 laukenmann@ph-heidelberg.de

458

Laux, Mira
 Westfälische Wilhelms-Universität
 Münster
 Seminar für Didaktik des Sachunterrichts
 Leonardo-Campus 11
 48149 Münster
 Deutschland
 mira.laux@uni-muenster.de

692

Lehnen, Manuela
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 manuela.lehnen@uni-due.de

299

Lein, Sandra
 TU Dresden
 Professur für Didaktik der Physik
 Schnorrstraße 70, PF 28
 1069 Dresden
 Deutschland
 sandra.lein@tu-dresden.de

155

Lembens, Anja, Univ.-Prof. Dr.
 Universität Wien
 AECC Chemie
 Porzellangasse 4/2/2
 1090 Wien
 Österreich
 anja.lembens@univie.ac.at

368, 380, 386

Liepert, Sven C.
 RWTH Aachen
 Didaktik der Physik und Technik
 Sommerfeldstraße 14
 52074 Aachen
 Deutschland
 liepert@physik.rwth-aachen.de

608

Lindner, Martin, Prof. Dr.
 Martin-Luther-Universität Halle-
 Wittenberg
 Didaktik der Biologie
 Weinbergweg 10
 06099 Halle
 Deutschland
 martin.lindner@biodidaktik.uni-halle.de

260, 263, 266

Looß, Maike, Prof. Dr.
 TU Braunschweig
 Biologiedidaktik
 Bienroder Weg 82
 38106 Braunschweig
 D
 m.looss@tu-bs.de

629

Lück, Gisela, Prof. Dr.
 Universität Bielefeld
 Didaktik der Chemie
 Universitätsstr. 25
 33615 Bielefeld
 Deutschland
 gisela.lueck@uni-bielefeld.de

479

Ludwig, Jasmin
 Universität Würzburg
 Lehrstuhl für Physik und Didaktik
 Emil-Hilb-Weg 22
 97074 Würzburg
 Deutschland
 ludwig-jasmin@t-online.de

749

Ludwig, Tobias
 Humboldt-Universität Berlin
 Didaktik der Physik
 Newtonstr. 15
 12489 Berlin
 Deutschland
 tobias.ludwig@rub.de

731

Luttenberger, Jochen
 Forscherstation Heidelberg
 69115 Heidelberg
 Deutschland
 luttenberger@forscherstation.info

554

Mahdi, Benbetka
 PH ENS Algier
 Didaktik der Physik
 Rue des Frères Sellami, 14
 16000 Vieux kouba, Algier
 Algerien
 benbetka-mahdi@hotmail.com

377

Mantschew, Kamen Alexander
 Freie Universität Berlin
 Didaktik der Chemie
 Takustraße 3
 14195 Berlin
 Deutschland
 kamen.mantschew@fu-berlin.de

509

Markic, Silvija, Dr.
 Universität Bremen
 IDN
 Leobener Str.
 28334 Bremen
 Deutschland
 smarkic@uni-bremen.de

665, 716

Marohn, Annette, Prof. Dr.
 Universität Münster
 Didaktik der Chemie
 Münster
 Deutschland

461

Maurer, Christian
 Universität Regensburg
 Didaktik der Physik
 christian.l.maurer@physik.uni-
 regensburg.de

119

Meinhardt, Claudia
 Universität Potsdam
 Didaktik der Physik
 Karl-Liebknecht-Str. 24/25
 14476 Potsdam-Golm
 Deutschland
 claudia.meinhardt@uni-potsdam.de

494, 635, 638

Melle, Insa, Prof. Dr.

Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
insa.melle@tu-dortmund.de

581, 584, 614

Meschede, Nicola

IPN
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
meschede@ipn.uni-kiel.de

248

Mendel, Sebastian

Universität zu Köln
Institut für Physik und ihre Didaktik
Gronewaldstraße 2
50931 Köln
Deutschland
mendel@ph2.uni-koeln.de

440

Metzner, Mandy

Pädagogische Hochschule Heidelberg
Forscherstation. Klaus-Tschira-
Kompetenzzentrum
Speyerer Straße 6
69115 Heidelberg
Deutschland
mandy.metzner@yahoo.de

239

Menthe, Jürgen, Prof. Dr.

Universität Hamburg
Didaktik der Naturwissenschaften,
Chemie
Binderstr.34
20146 Hamburg
Deutschland
juergen.menthe@uni-hamburg.de

353, 356

Meyer, Rena

Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
meyer@ph4.physik.uni-goettingen.de

146

Merzyn, Gottfried, Prof. Dr.

Universität
A.-Ellissen-Weg 13
37077 Göttingen
Deutschland
gmerzyn@gwdg.de

419

Mézes, Christian

Pädagogische Hochschule Schwäbisch
Gmünd
Institut für Naturwissenschaften
Oberbettringerstr. 200
73525 Schwäbisch Gmünd
Deutschland
christian.mezes@ph-gmuend.de

86

Mikelskis-Seifert, Silke, Prof. Dr.
 PH Freiburg
 Physik
 Kunzenweg 21
 79117 Freiburg
 Deutschland
 silke.mikelskisseifert@ph-freiburg.de

137, 140, 404, 671, 761

Müller, Rainer, Prof. Dr.
 Technische Universität Braunschweig
 IFdN - Abt. Physik u. Physikdidaktik
 Bienroder Weg 82
 38106 Braunschweig
 Deutschland
 rainer.mueller@tu-bs.de

329, 374, 629

Mödl, Evi-Maria
 LMU München
 Didaktik der Chemie
 Butenandtstr. 5-13
 81377 München
 Deutschland
 evi.maria.moedl@web.de

650

Munnia, Angela, Dr.
 Universität des Saarlandes
 NanoBioLab
 Universität des Saarlandes, Campus
 Gebäude B2 2
 66123 Saarbrücken
 Deutschland

716

Möller, Kornelia, Prof'in Dr.
 Universität Münster
 Seminar für Didaktik des Sachunterrichts
 Leonardo-Campus 11
 48149 Münster
 Deutschland
 molleko@uni-muenster.de

248, 692

Murmann, Lydia, Dr.
 Gesamtschule Bremen-Mitte
 Auf dem Pickkamp 9a
 D-28219 Bremen
 Deutschland
 Lydia.murmann@gmx.de

350

Mühlenhoff, Thomas
 FU Berlin
 Berlin
 Deutschland

200

Mutke, Stefan
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 stefan.mutke@uni-due.de

512

Müller, Bernhard
 PH Schwäbisch Gmünd
 Didaktik der Naturwissenschaften
 Heidelberg
 Deutschland

551

Mylott, Elliot
 Portland State University
 Portland
 USA

689

Nakoinz, Simone
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 simone.nakoinz@uni-due.de

767

Narciss, Susanne, Prof. Dr.
 TU Dresden
 Psychologie des Lehrens & Lernens
 Zellescher Weg 17
 1062 Dresden
 Deutschland
 Susanne.Narciss@tu-dresden.de

371

Nehring, Andreas
 Humboldt-Universität zu Berlin
 Didaktik der Chemie
 Brook-Taylor-Str. 2
 12489 Berlin
 Deutschland
 andreas.nehring@chemie.hu-berlin.de

65, 68

Neumann, Knut, Prof. Dr.
 IPN
 Didaktik der Physik
 Olshausenstraße 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 neumann@ipn.uni-kiel.de

236, 533, 596, 599, 677

Nicht, Jörg, Dr.
 Freie Universität Berlin
 Sachunterricht
 Berlin
 Deutschland

551

Niethammer, Manuela, Prof. Dr.
 TU Dresden
 Institut für BF CT, US & UT,
 Fachdidaktik Chemie
 Weberplatz 5
 1062 Dresden
 Deutschland
 manuela.niethammer@tu-dresden.de

152, 158

Nordmeier, Volkhard, Prof. Dr.
 Freie Universität Berlin
 Didaktik der Physik
 Arnimallee 14
 14195 Berlin
 Deutschland

539, 626, 713

Nowak, Kathrin H.,
 Humboldt-Universität zu Berlin
 Fachdidaktik und Lehr-/ Lernforschung
 Biologie
 Invalidenstr. 42
 10115 Berlin
 Deutschland
 kathrin.nowak@biologie.hu-

65, 68

Nückles, Matthias, Prof. Dr.
 Universität Freiburg
 Verhaltenswissenschaften
 Rempartstrasse 11
 79098 Freiburg
 Deutschland
 matthias.nueckles|at|ezw.uni-freiburg.de

404

Obst, David
 TU Dresden
 Professur Didaktik der Physik
 Zellescher Weg 20
 1069 Dresden
 Deutschland
 david.obst@tu-dresden.de

452

Oettinghaus, Lars
 Universität Frankfurt am Main
 Institut für Didaktik der Physik
 Max-von-Laue Straße 1
 60438 Frankfurt am Main
 Deutschland
 oettinghaus@physik.uni-frankfurt.de

395

Oettinghaus, Lars
 Goethe-Universität Frankfurt/M
 IDP
 Max von Laue Straße 1
 60438 Frankfurt/M
 D
 oettinghaus@physik.uni-frankfurt.de

392

Ohle, Annika, Dr.
 TU Dortmund
 Institut für Schulentwicklungs
 Vogelpothsweg 78
 44227 Dortmund
 Deutschland
 ohle@ifs.tu-dortmund.de

305

Ohlsen, Malte
 Universität Hamburg
 Didaktik der Physik
 Hamburg
 Deutschland

725

Opfermann, Maria
 Universität Duisburg-Essen
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland

752

Østergaard, Edvin, Dr.
 University of Life Sciences
 Section for Learning and Teacher
 Education, IMT
 1432 Aas
 Norway
 edvin.ostergaard@umb.no

341

Özcan, Nermin
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 nermin.oezcan@uni-due.de

293

Panusch, Martin
 Universität Flensburg
 Institut für Physik und Chemie und ihre
 Didaktik
 Auf dem Campus 1
 24943 Flensburg
 Deutschland
 martin.panusch@uni-flensburg.de

332

Parchmann, Ilka, Prof. Dr.
 IPN Kiel
 Didaktik der Chemie
 Olshausenstraße 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 parchmann@ipn.uni-kiel.de

28, 224, 230, 233, 536

Pastille, Reinhard, PD Dr.
 Freie Universität Berlin
 Didaktik der Chemie
 Takustraße 3
 14195 Berlin
 Deutschland
 pastille.r@gmx.de

509

Patzwaldt, Kerstin
 Humboldt-Universität zu Berlin
 Didaktik der Chemie
 Brook-Taylor-Str. 2
 12489 Berlin
 Deutschland
 Kerstin.Patzwaldt@hu-berlin.de

632

Peschel, Markus, Prof. Dr.
 PH FHNW
 Didaktik des Sachunterrichts
 Benzburweg 30
 4410 Liestal
 Schweiz
 markus.peschel@fhnw.ch

128, 542, 545, 560

Peters, Sebastian
 Universität Oldenburg
 Didaktik der Physik
 Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11
 26129 Oldenburg
 Deutschland
 sebastian.peters@uni-oldenburg.de

425, 428

Petersen, Stefan, Dr.
 IPN Kiel
 Didaktik der Physik
 Olshausenstraße 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 petersen@ipn.uni-kiel.de

533, 677

Pietzner, Verena, Prof. Dr.
 Universität Hildesheim
 Inst. für Biologie und Chemie
 Marienburger Platz 22
 31141 Hildesheim
 Deutschland
 pietzner@ui-hildesheim.de

272, 629

Podschuweit, Sören

IPN Kiel
 Didaktik der Chemie
 Olshausenstr. 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 podschuweit@ipn.uni-kiel.de

602

Prestel, Thomas

TU Dresden, Professur für Didaktik der
 Physik
 Zellescher Weg 20
 1062 Dresden
 Deutschland
 thomas.prestel@tu-dresden.de

158

Poppe, Nicole

Universität Bremen
 IDN, Abt. Chemiedidaktik
 Leobener Str. NW2
 28359 Bremen
 Deutschland
 npoppe@uni-bremen.de

716

Priemer, Burkhard, Prof. Dr.

Humboldt-Universität zu Berlin
 Didaktik der Physik
 Newtonstr. 15
 12489 Berlin
 Deutschland
 priemer@physik.hu-berlin.de

218, 731

Pospiech, Gesche, Prof. Dr.

TU Dresden
 Didaktik der Physik
 Zellescher Weg 20
 1069 Dresden
 Deutschland
 gesche.pospiech@tu-dresden.de

155, 158, 326, 371, 452, 488, 707

Puddu, Sandra

Universität Wien
 AECC Chemie
 Porzellangasse 4/2/2. Stock
 1090 Wien
 Österreich
 sandra.puddu@univie.ac.at

380, 386

Prechtel, Markus, Prof. Dr.

Leibniz Universität Hannover
 Institut für Didaktik der
 Naturwissenschaften
 Am Kleinen Felde 30
 30167 Hannover
 Deutschland
 markus.prechtel@gendergastprofessur.uni-
 hannover.de

566, 569

Rabe, Thorid, Prof. Dr.

Universität Potsdam
 Didaktik der Physik
 Karl-Liebknecht-Str. 24/25
 14476 Potsdam
 Deutschland
 rabeth@uni-potsdam.de

164, 494, 635, 638, 683

Racherbäumer, Kathrin, Dr.
 Universität Duisburg-Essen
 AG Bildungsforschung
 Berliner Platz 6-8
 45117 Essen
 Deutschland
 kathrin.racherbaeumer@uni-due.de

455

Ralle, Bernd, Prof. Dr.
 Technische Universität Dortmund
 Didaktik der Chemie
 Otto-Hahn-Straße 6
 44227 Dortmund
 Deutschland

380, 389, 665, 668, 773

Rau, Franco
 Universität Potsdam
 Lehrstuhl Didaktik der Physik
 Karl-Liebknecht-Str. 24/25
 14476 Potsdam-Golm
 Deutschland
 franco.rau@uni-potsdam.de

683

Rehm, Markus, Prof. Dr.
 Pädagogische Hochschule Heidelberg
 Fakultät f. Natur- u. Gesellschaftswiss.
 Im Neuenheimer Feld 561
 D-69121 Heidelberg
 Deutschland
 rehm@ph-heidelberg.de

350

Rehm, Markus, Prof. Dr.
 Fakultät III/ Fakultät für Natur und
 Gesellschafts
 Fachbereich Chemie
 INF 561
 69120 Heidelberg
 Deutschland
 rehm@ph-heidelberg.de

422

Reiners, Christiane S., Prof. Dr.
 Universität zu Köln
 Institut für Chemie und ihre Didaktik
 Herbert-Lewin-Str. 2
 50931 Köln
 Deutschland
 christiane.reiners@uni-koeln.de

98, 110, 257

Reinhold, Peter, Prof. Dr.
 Universität Paderborn
 Didaktik der Physik
 Warburger Straße 100
 33098 Paderborn
 Deutschland
 peter.reinhold@upb.de

242, 245, 515

Reinhold, Peter, Prof. Dr.
 Universität Paderborn
 Didaktik der Physik
 Warburgerstr. 100
 33098 Paderborn
 Deutschland

527

Reuther, Gerald
 Freie Universität Berlin
 Berlin
 Deutschland

59

Richtberg, Stefan
 LMU München
 Didaktik der Physik
 Theresienstraße 37
 80333 München
 Deutschland
 Stefan.Richtberg@lmu.de

323

Richter, Chris
 Universität Oldenburg
 Didaktik der Physik
 Carl von Ossietzky Straße 9-11
 26111 Oldenburg
 Deutschland
 chris_richter@gmx.de

644

Richter, Kirsten
 Universität Flensburg
 Institut für Physik und Chemie und ihre
 Didaktik
 Auf dem Campus 1
 24943 Flensburg
 Deutschland
 kirsten.richter@uni-flensburg.de

557

Rieck, Karen, Dr.
 IPN
 "SINUS an Grundschulen"
 Olshausenstr. 62
 24098 Kiel
 Deutschland
 rieck@ipn.uni-kiel.de

170

Riehs, Norman F.
 Universität Duisburg-Essen
 Institut für Chemiedidaktik
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 norman.riehs@uni-due.de

401

Riese, Josef, Dr.
 Universität Paderborn
 Didaktik der Physik
 Warburger Str. 100
 33098 Paderborn
 Deutschland
 josef.riese@upb.de

245, 515, 527

Riewerts, Kerrin, Dr.
 Universität Bielefeld
 Didaktik der Chemie
 Universitätsstr. 25
 33615 Bielefeld
 Deutschland
 kerrin.riewerts@uni-bielefeld.de

734

Rincke, Karsten, Prof. Dr.
 Universität Regensburg
 Didaktik der Physik
 Universitätsstr. 31
 93040 Regensburg
 Deutschland
 Karsten.Rincke@physik.uni-
 regensburg.de

119

Ritter, Sebastian
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 sebastian.ritter@uni-due.de

464

Rode, Henning
 Leibniz Universität Hannover
 Institut für Didaktik der Mathematik und
 Physik
 Welfengarten 1
 30167 Hannover
 Deutschland
 rode@idmp.uni-hannover.de

770

Rohde, Nils
 Universität Duisburg-Essen
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 nils.rohde@uni-due.de

752

Roßbegalle, Thomas
 Technische Universität Dortmund
 Didaktik der Chemie
 Otto-Hahn-Straße 6
 44227 Dortmund
 Deutschland
 thomas.rossbegalle@tu-dortmund.de

668

Rottensteiner, Joachim
 Universität Wien
 AECC Physik
 Porzellangasse 4/2/2
 1090 Wien
 Österreich
 a0125716@unet.univie.ac.at

431

Ruhrig, Jan
 Universität Hamburg
 Didaktik der Physik
 Essener Str. 90c
 22419 Hamburg
 Deutschland
 jan.ruhrig@uni-hamburg.de

725

Ruhrig, Jan
 Universität Hamburg
 Didaktik der Physik

728

Rumann, Stefan, Prof. Dr.
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 stefan.rumann@uni-due.de

278, 299, 401, 578, 620, 752

Safi, Netkey, lic. psych.

Fachhochschule Nordwestschweiz PH
Naturwissenschaftsdidaktik
Clarastrasse 57
5000 Basel
Schweiz
netkey.safi@fhnw.ch

413, 416

Schanze, Sascha, Prof. Dr.

Leibniz Universität Hannover
Chemiedidaktik
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
Sascha Schanze <schanze@idn.un

446, 449, 758, 764

Sakschewski, Mark

Georg-August-Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
mark.sakschewski@physik.uni-
goettingen.de

146, 149

Schecker, Horst, Prof. Dr.

Universität Bremen
IDN - Abteilung Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
schecker@physik.uni-bremen.de

107, 161, 269, 524, 596

Sänger, Jenna

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
jenna.saenger@uni-due.de

122

Scheffler, Florian

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg
Didaktik der Chemie
Regensburger Straße 160
90478 Nürnberg
Deutschland
florian.scheffler@ewf.uni-erlangen.de

287

Sarka, Florian

PH Ludwigsburg
Institut für Naturwissenschaften und
Technik
Reuteallee 46
71602 Ludwigsburg
Deutschland

485

Scherer, Ronny

Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Chemie, Didaktik der Chemie
Brook-Taylor-Straße 2
12489 Berlin
Deutschland
ronny.scherer@chemie.hu-berlin.de

302

Schließmann, Fritz, Dr.
 Universität Flensburg
 Institut für Physik
 Auf dem Campus 1
 24943 Flensburg
 Deutschland
 schliessmann@uni-flensburg.de

557

Schmeck, Annett, Dr.
 Universität Duisburg-Essen
 Lehr-Lernpsychologie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 annett.schmeck@uni-due.de

623

Schmeling, Sascha, Dr.
 CERN
 1211 Genève 23
 Schweiz
 sascha.schmeling@cern.ch

662

Schmidt, Andrea, Dipl.-Ök.
 Leibniz Universität Hannover
 uniKIK
 Welfengarten 1
 30167 Hannover
 Deutschland
 schmidt@unikik.uni-hannover.de

659

Schmidt, Ines
 Universität Kassel
 Didaktik der Chemie
 Heinrich-Plett-Str. 40
 34109 Kassel
 Deutschland
 ines.schmidt@uni-kassel.de

338

Schmidt, Maike
 Universität Duisburg-Essen
 Institut für Didaktik des Sachunterrichts
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 maike.schmidt@uni-due.de

620

Schmit, Stefan
 Universität Oldenburg
 Institut für Physik
 Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
 26129 Oldenburg
 Deutschland
 stefan.schmit@uni-oldenburg.de

425, 428

Schmitt, Anna
 Technische Universität Dortmund
 Didaktik der Chemie II
 Otto-Hahn-Straße 6
 44227 Dortmund
 Deutschland
 anna.schmitt@tu-dortmund.de

614

Schmuck, Carsten
 Universität Duisburg-Essen
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 752

Schneider, Susanne, Prof. Dr.
 Universität Göttingen
 Didaktik der Physik
 Friedrich-Hund-Platz 1
 37077 Göttingen
 Deutschland
 sschnei@gwdg.de

146, 149

Schneider, Vincent
 Freie Universität Berlin
 Didaktik der Chemie
 Takustraße 3
 14195 Berlin Berlin
 Deutschland
 vincent.schneider@fu-berlin.de

197

Schoppmeier, Felix
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Physik
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 felix.schoppmeier@uni-due.de

206, 674

Schreiber, Nico
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Physik
 Universitätsstr. 2
 45117 Essen
 Deutschland
 nico.schreiber@uni-due.de

107

Schroedter, Stefan
 Pädagogische Hochschule Schwäbisch
 Gmünd
 Didaktik der Naturwissenschaften
 Oberbettringer Str. 200
 73525 Schwäbisch Gmünd
 Deutschland
 stefan.schroedter@ph-gmuend.de

77

Schulte, Theresa
 Freie Universität Berlin
 Didaktik der Chemie
 Takustraße 3
 14195 Berlin
 Deutschland
 t.schulte@fu-berlin.de

189

Schulze Heuling, Lydia
 Universität Freiburg
 PH Freiburg
 Kunzenweg 21
 79117 Freiburg
 Deutschland
 lydiaheuling@gmx.de

59, 404

Schumacher, Andrea
 Universität zu Köln
 Institut für Chemie und ihre Didaktik
 Herbert-Lewin-Str. 2
 50931 Köln
 Deutschland
 andrea.schumacher@uni-koeln.de

110

Schumacher, Annegret
 Pädagogische Hochschule FHNW
 Institut Vorschule und Unterstufe
 Benzburweg 30
 4410 Liestal
 Schweiz
 annegret.schumacher@fhnw.ch

545

Schürmann, Anke
 Freie Universität Berlin
 Didaktik der Chemie
 Takustraße 3
 14195 Berlin
 Deutschland
 anke.schuermann@fu-berlin.de

704

Schüssele, Bernd
 PH Freiburg
 Physik/ Institut für Medien in der
 Bildung
 Kunzenweg 21
 79117 Freiburg
 Deutschland
 bernd.schuessele@ph-freiburg.de

671

Schwarz, Irina
 RWTH Aachen
 1. Physikalisches Institut 1a
 Sommerfeldstraße 14
 52074 Aachen
 Deutschland
 schwarz@physik.rwth-aachen.de

686

Schwichow, Martin
 IPN
 Didaktik der Physik
 Olshausenstraße 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 schwichow@ipn.uni-kiel.de

593

Seidel, Gesine
 TU Dresden
 Didaktik der Chemie
 1062 Dresden
 Deutschland
 gesine.seidel@mailbox.tu-dresden.de

158

Seume, Jörg, Prof. Dr.-Ing.
 Leibniz Universität Hannover
 TFD
 Appelstraße 9
 30167 Hannover
 Deutschland
 seume@tfd.uni-hannover.de

659

Shahat, Mohamed

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
mohamed.shahat@uni-due.de

305

Sieve, Bernhard

Leibniz Universität Hannover
IDN - Fachgebiet Chemiedidaktik
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
sieve@idn.uni-hannover.de

446, 449

Siol, Antje, Dr.

Universität Bremen
UFT
Leobener Str. UFT
28359 Bremen
Deutschland
asiol@uft.uni-bremen.de

716

Sommer, Sven, Dr.

Universität Flensburg
Projekt Miniphänomenta
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
Deutschland
dr.svensommer@googlemail.com

131

Sormunen, Kari

University of Eastern Finland
Science Education
Joensuu
Finland

200

Spitzer, Philipp

Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Str. 2
57076 Siegen
Deutschland
spitzer@chemie.uni-siegen.de

569, 572

Spoden, Christian

Universität Duisburg-Essen
Lehr-Lernpsychologie und Didaktik der
Physik
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
christian.spoden@uni-due.de

473

Stahl, Elmar, Prof. Dr.

PH Freiburg
Institut für Medien in der Bildung
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
elmar.stahl@ph-freiburg.de

671

Starauscek, Erich, Prof. Dr.

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
 Didaktik der Physik
 Reuteallee 40
 71634 Ludwigsburg
 Deutschland
 starauscek@ph-ludwigsburg.de

485, 743, 755

Stiller, Jurik

Humboldt-Universität zu Berlin
 Institut für Chemie | Didaktik der Chemie
 Brook-Taylor-Straße 2
 12489 Berlin
 Deutschland
 jurik.stiller@chemie.hu-berlin.de

641

Steckenmesser-Sander, Kathrin

Justus-Liebig-Universität Gießen
 Didaktik der Physik
 Karl-Glöckner-Straße 21 C
 35394 Gießen
 Deutschland
 kathrin.steckenmesser-
 sander@didaktik.physik.uni-giessen.de

491

Stolz, Anna

Pädagogische Hochschule Schwäbisch
 Gmünd
 Didaktik der Naturwissenschaften
 Oberbettringen Str. 200
 73525 Schwäbisch Gmünd
 Deutschland
 anna.stolz@ph-gmuend.de

83

Steffensky, Mirjam, Prof'in Dr.

IPN
 Didaktik der Chemie
 Olshausenstraße 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 steffensky@ipn.uni-kiel.de

248, 536

Stolzenberger, Christoph

Universität Würzburg
 Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
 Emil-Hilb-Weg 22
 97074 Würzburg
 Deutschland
 cstolzenberger@physik.uni-wuerzburg.de

215

Stender, Anita

IPN Kiel
 Didaktik der Physik
 Olshausenstraße 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 Stender@ipn.uni-kiel.de

236

Strahl, Alexander, Dr.

Technische Universität Braunschweig
 IFdN - Abt. Physik u. Physikdidaktik
 Bienroder Weg 82
 38106 Braunschweig
 Deutschland
 a.strahl@tu-bs.de

329, 374, 629

Straube, Philipp

Freie Universität Berlin
 Fachbereich Physik Didaktik der Physik
 Arnimallee 14
 14195 Berlin
 Deutschland
 philipp.straube@fu-berlin.de

539

Suckut, Julia

Ruhr-Universität Bochum
 Alfred Krupp-Schülerlabor
 Universitätsstraße 150
 44801 Bochum
 Deutschland
 Julia.Suckut@rub.de

719

Streller, Sabine, Prof. Dr.

FU Berlin
 Didaktik der Chemie
 Takustr.3
 14195 Berlin
 Deutschland
 streller@chemie.fu-berlin.de

178, 180, 192, 194

Sumfleth, Elke, Prof. Dr.

Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 elke.sumfleth@uni-due.de

122, 203, 227, 293, 311, 464, 623, 767

Struzyna, Sarah

Universität Duisburg-Essen
 Fakultät für Physik, Didaktik der Physik
 Universitätsstr. 2
 45117 Essen
 Deutschland
 sarah.struzyna@uni-due.de

689

Tandetzke, Rita

Friedrich-Alexander-Universität
 Erlangen-Nürnberg
 Didaktik der Chemie
 Regensburger Straße 160
 90478 Nürnberg
 Deutschland

287

Stübi, Claudia

PH Fachhochschule Nordwestschweiz
 Zentrum Naturwissenschafts- und
 Technikdidaktik
 Riehenstrasse 154
 4058 Basel
 Schweiz
 claudia.stuebi@fhnw.ch

176

Taskin, Vahide

IPN Kiel
 Didaktik der Chemie
 Olshausenstraße 62
 24118 Kiel
 Deutschland
 taskin@ipn.uni-kiel.de

233, 536

Tausch, Michael, Prof. Dr.
 Bergische Universität Wuppertal
 Chemie und ihre Didaktik
 Gausstr. 20
 42119 Wuppertal
 Deutschland
 m.Tausch@uni-wuppertal.de

647

Tepner, Oliver, Prof. Dr.
 Universität Regensburg
 Didaktik der Chemie
 Universitätsstr. 31
 93040 Regensburg
 Deutschland
 oliver.tepner@chemie.uni-regensburg.de

512

Tesch, Maïke, Prof. Dr.
 Leibniz Universität Hannover
 IDMP - AG Didaktik der Physik
 Welfengarten 1
 30167 Hannover
 Deutschland
 tesch@idmp.uni-hannover.de

656, 659

Theiler, Franz, dipl. phys. ETH
 Fachhochschule Nordwestschweiz - PH
 Naturwissenschaftsdidaktik
 Küttigerstrasse 47
 5000 Aarau
 Schweiz
 franz.theiler@fhnw.ch

410

Theilmann, Florian, Dr.
 Universität Salzburg
 Institut für die Didaktik der
 Naturwissenschaften
 Hellbrunner Allee 34
 5020 Salzburg
 Österreich
 florian.theilmann@sbg.ac.at

347

Theyßen, Heike, Prof. Dr.
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Physik
 Universitätsstraße 2
 45117 Essen
 Deutschland
 heike.theysen@uni-due.de

107, 587, 596, 689

Thiele, Sabrina
 TU Braunschweig
 IFdN, Abt. Physik und Physikdidaktik
 Bienroder Weg 82
 38106 Braunschweig
 Deutschland
 sabrina.thiele@tu-bs.de

329

Thöming, Jörg, Prof. Dr.
 Universität Bremen
 UFT
 Leobener Str. UFT
 28359 Bremen
 Deutschland

716

Thoms, Lars-Jochen

LMU München
 Lehrstuhl für Didaktik der Physik
 Theresienstr. 37
 80333 München
 Deutschland
 l.thoms@lmu.de

113

Trautmann, Andreas

Universität Landau
 Physikdidaktik
 Fortstr. 7
 76829 Landau
 Deutschland
 trautmann@uni-landau.de

698

Tiemann, Rüdiger, Prof. Dr.

Humboldt-Universität zu Berlin
 Institut für Chemie | Didaktik der Chemie
 Brook-Taylor-Straße 2
 12489 Berlin
 Deutschland
 ruediger.tiemann@chemie.hu-berlin.de

65, 68, 71, 212, 281, 302, 632, 641, 737

Trefzger, Thomas, Prof. Dr.

Universität Würzburg
 Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
 Emil-Hilb-Weg 22
 97074 Würzburg
 Deutschland
 trefzger@physik.uni-wuerzburg.de

215, 662

Toczowski, Thomas

TU Dortmund
 Didaktik der Chemie 1
 Otto-Hahn-Str. 6
 44227 Dortmund
 Deutschland
 thomas.toczowski@tu-dortmund.de

773

Trinkl, Clara

Universität Wien
 Österr. Kompetenzzentrum für Didaktik
 der Physik
 Porzellangasse 4/2/2
 1090 Wien
 Österreich
 clara.trinkl@gmx.at

695

Tomczyszyn, Elisabeth

Universität Bremen
 IDN - Abteilung Physikdidaktik
 Otto-Hahn-Allee 1
 28359 Bremen
 Deutschland
 e.tomczyszyn@uni-bremen.de

524

Trump, Stephanie

RWTH-Aachen
 Didaktik der Physik und Technik
 Sommerfeldstr.14
 52074 Aachen
 Deutschland
 trump@physik.rwth-aachen.de

590

Tunke, Christina

Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossietzky Straße 9-11
Oldenburg
Deutschland
ch.tunke@gmail.com

95

Urban-Woldron, Hildegard, Dr.

Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 2
1090 Wien
Österreich
hildegard.urban-woldron@univie.ac.at

209, 467, 695

Ulrich, Nina

Leibniz Universität Hannover
Didaktik der Naturwissenschaften -
Chemiedidaktik
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
nina.ulrich@web.de

758

van Vorst, Helena

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
helena.vanvorst@uni-due.de

311

Unverricht, Ines

TU Dresden
Institut für BF CT, UT & US;
Fachdidaktik Chemie
Weberplatz 5
1062 Dresden
Deutschland
ines.unverricht@tu-dresden.de

152

Vogelsang, Christoph

Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
cvogelsa@mail.uni-paderborn.de

242

Upmeier zu Belzen, Annette, Prof. Dr.

Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik und Lehr-/ Lernforschung
Biologie
Invalidenstr. 42
10115 Berlin
Deutschland
annette.upmeier@biologie.hu-berlin.de

65, 68

Vogt, Patrik, Dr.

Pädagogische Hochschule Schwäbisch
Gmünd
Abteilung Physik
Oberbettringer Straße 200
73525 Schwäbisch Gmünd
Deutschland
patrik.vogt@ph-gmuend.de

434, 437

von Aufschnaiter, Claudia, Prof. Dr.
 Justus-Liebig-Universität Gießen
 Institut für Didaktik der Physik
 Karl-Glöckner-Straße 21C
 35394 Gießen
 Deutschland
 Claudia.von-
 Aufschnaiter@didaktik.physik.uni-giess

284, 296, 491, 611

Wächter, Melanie
 Universität Koblenz-Landau
 Didaktik der Physik
 Fortstr. 7
 76829 Landau
 Deutschland
 waechterm@ph-weingarten.de

605

Wackermann, Rainer, Dr.
 Ruhr-Universität Bochum
 Didaktik der Physik
 Universitätsstr. 150
 44801 Bochum
 Deutschland
 wackermann@physik.rub.de

218

Waldenmaier, Christine
 PH Schwäbisch Gmünd
 Frühe Bildung
 Schwäbisch Gmünd
 Deutschland

551

Walpuski, Maik, Prof. Dr.
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Chemie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 maik.walpuski@uni-due.de

116

Walzer, Martin
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Physik - AG Fischer
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 martin.walzer@uni-due.de

530

Watzka, Bianca
 Ludwig-Maximilians-Universität
 München
 Didaktik der Physik
 Theresienstraße 37
 80333 München
 Deutschland

290, 746

Wegner, Nina
 Humboldt-Universität zu Berlin
 Didaktik der Chemie
 Brook-Taylor-Str. 2
 12489 Berlin
 Deutschland
 nina.wegner@chemie.hu-berlin.de

281

Welzel-Breuer, Manuela, Prof. Dr.
 Pädagogische Hochschule Heidelberg
 Forscherstation
 Speyererstraße 6
 69115 Heidelberg
 Deutschland
 welzel@ph-heidelberg.de

239, 497, 500, 554, 575

Wilhelm, Thomas, Prof. Dr.
 Universität Frankfurt
 Institut für Didaktik der Physik
 Max-von-Laue-Str. 1
 60438 Frankfurt
 Deutschland
 info@thomas-wilhelm.net

443, 749

Weßnigk, Susanne
 IPN Kiel
 Didaktik der Physik
 Olshausenstr. 62
 24098 Kiel
 Deutschland
 s.wessnigk@ipn.uni-kiel.de

722

Willeke, Meike, Dr.
 TU Dresden
 Didaktik der Physik
 Zellescher Weg 20
 1062 Dresden
 Deutschland
 meike.willeke@tu-dresden.de

488, 707

Widenhorn, Ralf
 Portland State University
 Portland
 USA

689

Wodzinski, Rita, Prof. Dr.
 Universität Kassel
 Didaktik der Physik
 Heinrich-Plett-Straße 40
 34132 Kassel
 Deutschland
 wodzinski@physik.uni-kassel.de

251, 254

Wilhelm, Markus
 Pädagogische Hochschule
 Zentralschweiz, Luzern
 Didaktik der Naturwissenschaften
 Pfistergasse 20, Postfach 7660
 CH-6000 Luzern 7
 Schweiz

422

Woest, Volker, Prof. Dr.
 Universität Jena
 Arbeitsgruppe Chemiedidaktik
 August-Bebel-Straße 6-8
 7743 Jena
 Deutschland
 volker.woest@uni-jena.de

101

Woitkowski, David
 Universität Paderborn
 Didaktik der Physik
 Warburger Straße 100
 33098 Paderborn
 Deutschland
 david.woitkowski@upb.de

245

Yalman, Dilek
 Humboldt-Universität zu Berlin
 Didaktik der Chemie
 Brook-Taylor-Str.2
 12489 Berlin
 Deutschland
 dilek.yalman@hotmail.de

737

Wolf, Angelika
 Pädagogische Hochschule Heidelberg
 Physik und ihre Didaktik
 Im Neuenheimer Feld 561
 69120 Heidelberg
 Deutschland
 Angelika.Wolf@ph-heidelberg.de

458

Zahn, Corvin, Dr.
 Universität Hildesheim
 Institut für Physik
 Marienburger Platz 22
 31141 Hildesheim
 Deutschland
 corvin.zahn@uni-hildesheim.de

317, 710

Wolters, Marco
 Universität Münster
 Seminar für Didaktik des Sachunterrichts
 Leonardo-Campus 11
 48149 Münster
 Deutschland
 marco.wolters@uni-muenster.de

248

Zander, Simon
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Physik
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
 Deutschland
 simon.zander@uni-due.de

503

Wottle-Jacob, Ingrid
 Universität Oldenburg
 Didaktik der Chemie
 Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
 26129 Oldenburg
 Deutschland
 ingrid.wottle@uni-oldenburg.de

134

Zdzieblo, Joachim
 Wacker Chemie AG
 Corporate Communications
 Hanns-Seidel-Platz 4
 81737 München
 Deutschland
 Joachim.Zdzieblo@wacker.com

647

Zehetmeier, Stefan, Dr.
Universität Klagenfurt
Institut für Unterrichts- und
Schulentwicklung
Sterneckstraße 15
9020 Klagenfurt
Österreich
stefan.zehetmeier@aau.at

173

Zehren, Walter, Dr.
Universität des Saarlandes
NanoBioLab
Universität des Saarlandes, Campus
Gebäude B2 2
66123 Saarbrücken
Deutschland

716

Zimmermann, Monika, Dr.
Forscherstation Heidelberg
69115 Heidelberg
Deutschland
monika.zimmermann@ph-heidelberg.de
542, 548, 554

Die 39. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP) wurde im September 2012 an der Universität Hannover ausgerichtet.

Zum Tagungsthema „Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen“ diskutierten neben den Plenarreferentinnen und -referenten eine große Anzahl an Tagungsgästen.

Der vorliegende Band umfasst die ausgearbeiteten Beiträge der Teilnehmerinnen und Teilnehmer.