pedocs
Open Access Erziehungswissenschaften

DIPF

Hardy, Ilonca; Kleickmann, Thilo; Koerber, Susanne; Mayer, Daniela; Möller, Kornelia; Pollmeier, Judith; Schwippert, Knut; Sodian, Beate

Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter. Projekt Science-P

Klieme, Eckhard [Hrsg.]; Leutner, Detlev [Hrsg.]; Kenk, Martina [Hrsg.]: Kompetenzmodellierung. Eine aktuelle Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms. Weinheim ; Basel : Beltz 2010, S. 115-125. - (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 56)

urn:nbn:de:0111-opus-33858

in Kooperation mit:

BELTZ

http://www.beltz.de

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Kontakt:

pedocs
Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft
Informationszentrum (IZ) Bildung
Schloßstr. 29, D-60486 Frankfurt am Main
eMail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Zeitschrift für Pädagogik · 56. Beiheft

Kompetenzmodellierung

Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes

Herausgegeben von
Eckhard Klieme, Detlev Leutner und Martina Kenk

BELTZ

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder auf ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen oder sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopie hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte oder genützte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VGWort, AbteilungWissenschaft, Goethestr. 49, 80336 München, bei der die einzelnen Zahlungsmodalitäten zu erfragen sind.

© 2010 Beltz Verlag · Weinheim und Basel
Herstellung: Lore Amann
Gesamtherstellung: Druckhaus „Thomas Müntzer“, Bad Langensalza
Printed in Germany
ISSN 0514-2717
Bestell-Nr. 41157

Inhaltsverzeichnis

Eckhard Klieme/Detlev Leutner/Martina Kenk
Kompetenzmodellierung. Eine aktuelle Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms. Einleitung zum Beiheft 9

Benő Csapó
Goals of Learning and the Organization of Knowledge 12

Mathematische Kompetenzen

Marianne Bayrhuber/Timo Leuders/Regina Bruder/Markus Wirtz
Projekt HEUREKO
Repräsentationswechsel beim Umgang mit Funktionen – Identifikation von Kompetenzprofilen auf der Basis eines Kompetenzstrukturmodells 28

Andreas Frey/Nicki-Nils Seitz
Projekt MAT
Multidimensionale adaptive Kompetenzdiagnostik: Ergebnisse zur Messeffizienz 40

Nina Zeuch/Hanneke Geerlings/Heinz Holling/Wim J. van der Linden/Jonas P. Bertling
Projekt Regelgeleitete Itementwicklung
Regelgeleitete Konstruktion von statistischen Textaufgaben: Anwendung von linear logistischen Testmodellen und Aufgabencloning 52

Eckhard Klieme/Anika Bürgermeister/Birgit Harks/Werner Blum/Dominik Leiß/Katrin Rakoczy
Projekt Co^2CA
Leistungsbeurteilung und Kompetenzmodellierung im Mathematikunterricht 64

Olga Kunina-Habenicht/Oliver Wilhelm/Franziska Matthes/André A. Rupp
Projekt Kognitive Diagnosemodelle
Kognitive Diagnosemodelle: Theoretisches Potential und methodische Probleme ... 75

Aiso Heinze
Review
Mathematische Kompetenz modellieren und diagnostizieren: Eine Diskussion der Forschungsprojekte des DFG-Schwerpunktprogramms „Kompetenzmodelle“ aus mathematikdidaktischer Sicht 86

Naturwissenschaftliche Kompetenzen

Tobias Viering/Hans E. Fischer/Knut Neumann
Projekt Physikalische Kompetenz
Die Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I 92

Renate Soellner/Stefan Huber/Norbert Lenartz/Georg Rudinger
Projekt Gesundheitskompetenz
Facetten der Gesundheitskompetenz – eine Expertenbefragung 104

Ilonca Hardy/Thilo Kleickmann/Susanne Koerber/Daniela Mayer/ Kornelia Möller/Judith Pollmeier/Knut Schwippert/Beate Sodian
Projekt Science – P
Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter 115

Nina Roczen/Florian G. Kaiser/Franz X. Bogner
Projekt Umweltkompetenz
Umweltkompetenz – Modellierung, Entwicklung und Förderung 126

Ilka Parchmann
Review
Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften – Vielfalt ist wertvoll, aber nicht ohne ein gemeinsames Fundament 135

Sprachliche und Lesekompetenzen

Wolfgang Schnotz/Nele McElvany/Holger Horz/Sascha Schroeder/Mark Ullrich/ Jürgen Baumert/Axinja Hachfeld/Tobias Richter
Projekt BITE
Das BITE-Projekt: Integrative Verarbeitung von Bildern und Texten in der Sekundarstufe I 143

Tobias Dörfler/Stefanie Golke/Cordula Artelt
Projekt Dynamisches Testen
Dynamisches Testen der Lesekompetenz: Theoretische Grundlagen, Konzeption und Testentwicklung 154

Thorsten Roick/Petra Stanat/Oliver Dickhäuser/Volker Frederking/ Christel Meier/Lydia Steinhauer
Projekt Literarästhetische Urteilskompetenz
Strukturelle und kriteriale Validität der literarästhetischen Urteilskompetenz 165

Hans Anand Pant/Simon P. Tiffin-Richards/Olaf Köller
Projekt Standard-Setting
Standard-Setting für Kompetenztests im Large-Scale-Assessment 175

Johannes Hartig/Jana Höhler
Projekt MIRT
Modellierung von Kompetenzen mit mehrdimensionalen IRT-Modellen 189

Albert Bremerich-Vos
Review
Modellierung von Aspekten sprachlich-kultureller Kompetenz. Anmerkungen zu den Projektberichten 199

Fächerübergreifende Kompetenzen

Ellen Gausmann/Sabina Eggert/Marcus Hasselhorn/Rainer Watermann/ Susanne Bögeholz
Projekt Bewertungskompetenz
Wie verarbeiten Schüler/-innen Sachinformationen in Problem- und Entscheidungssituationen Nachhaltiger Entwicklung – Ein Beitrag zur Bewertungskompetenz 204

Samuel Greiff/Joachim Funke
Projekt Dynamisches Problemlösen
Systematische Erforschung komplexer Problemlösefähigkeit anhand minimal komplexer Systeme 216

Klaus Lingel/Nora Neuenhaus/Cordula Artelt/Wolfgang Schneider
Projekt EWIKO
Metakognitives Wissen in der Sekundarstufe: Konstruktion und Evaluation domänenspezifischer Messverfahren 228

Jens Fleischer/Joachim Wirth/Stefan Rumann/Detlev Leutner
Projekt Problemlösen
Strukturen fächerübergreifender und fachlicher Problemlösekompetenz – Analyse von Aufgabenprofilen 239

Melanie Schütte/Joachim Wirth/Detlev Leutner
Projekt Selbstregulationskompetenz
Selbstregulationskompetenz beim Lernen aus Sachtexten – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzstrukturmodells 249

Tobias Gschwendtner/Bernd Geißel/Reinhold Nickolaus
Projekt Berufspädagogik
Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen Grundbildung 258

Franziska Perels
Review
Modellierung und Messung fächerübergreifender Kompetenzen und ihre Bedeutung für die Bildungsforschung. Kritische Reflexion der Projektbeiträge ... 270

Lehrerkompetenzen

Simone Bruder/Julia Klug/Silke Hertel/Bernhard Schmitz
Projekt Beratungskompetenz
Modellierung der Beratungskompetenz von Lehrkräften 274

Cornelia Gräsel/Sabine Krolak-Schwerdt/Ines Nölle/Thomas Hörstermann
Projekt Diagnostische Kompetenz
Diagnostische Kompetenz von Grundschullehrkräften bei der Erstellung der Übergangsempfehlung: eine Analyse aus der Perspektive der sozialen Urteilsbildung 286

Tina Seidel/Geraldine Blomberg/Kathleen Stürmer
Projekt OBSERVE
„OBSERVER“ – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht 296

Mareike Kunter
Review
Modellierung von Lehrerkompetenzen. Kommentierung der Projektdarstellungen 307

*Ilonca Hardy/Thilo Kleickmann/Susanne Koerber/Daniela Mayer/
Kornelia Möller/Judith Pollmeier/Knut Schwippert/Beate Sodian*

Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter

Projekt Science-P[1]

Science-P ist ein im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogrammes „Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen" angesiedeltes Projekt mit dem Ziel der theoretischen Modellierung und psychometrischen Erfassung der naturwissenschaftlichen Kompetenzentwicklung von der zweiten bis vierten Klassenstufe. Dieser Beitrag thematisiert die theoretischen Grundlagen sowie die Entwicklung gruppentestfähiger Aufgaben in diesem Bereich.

1. Kompetenzmodelle in den Naturwissenschaften

Kompetenzmodelle in den Naturwissenschaften unterscheiden verschiedene Komponenten naturwissenschaftlicher Kompetenz (z.B. PISA 2006; vgl. Prenzel u.a. 2007). So differenzieren Duit, Häußler und Prenzel (2001) zwischen inhaltlich-konzeptuellen Komponenten, naturwissenschaftlichen Methoden und Denkweisen, Wissenschaftsverständnis (*Nature of Science*) und gesellschaftlichem Bezug. Die in der Vergangenheit postulierten Modelle wurden allerdings wegen ihrer überwiegend normativen Orientierung bzw. post-hoc ermittelter Kompetenzstufen als unzureichend kritisiert (vgl. z.B. Rost u.a. 2004). Angesichts der Forderung nach einer systematischen und modellbasierten Generierung von Testitems (vgl. Klieme u.a. 2003) und den Problemen bei der Operationalisierung und Überprüfung n-achsiger Kompetenzmodelle (vgl. z.B. Kauertz/Fischer 2006) fokussieren wir bei der Entwicklung des Kompetenzmodells zunächst auf die Modellierung von zwei ausgewählten Dimensionen naturwissenschaftlicher Kompetenz: 1) „naturwissenschaftliches Wissen" (d.h. inhaltlich/konzeptuelles Wissen) und 2) „Wissen über die Naturwissenschaften" (d.h. Wissen über naturwissenschaftliche Methoden und Wissenschaftsverständnis). Diese finden sich nicht nur in der Beschreibung der in der PISA 2006-Studie erfassten Kompetenzen und in Ansätzen zur *Scientific Literacy* wieder (vgl. Prenzel u.a. 2007); sie sind auch Bestandteil unterschiedlicher für den Grundschulbereich formulierter Standards (vgl. Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts 2002).

1 Diese Veröffentlichung wurde ermöglicht durch eine Sachbeihilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Kennz.: MO 942/4-1/2, SO 213/29-1/2, SCHW 890/3-1/2) im Schwerpunktprogramm „Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen" (SPP 1293).

Das Grundschulalter wird in bisherigen Arbeiten nur selten berücksichtigt, und auch zur Dimensionalität naturwissenschaftlicher Kompetenz liegen kaum empirische Ergebnisse vor. Jedoch belegen Studien für das Sekundarschulalter funktionale Zusammenhänge zwischen Wissen über Naturwissenschaften und dem Erwerb naturwissenschaftlichen Wissens (vgl. z.B. Stathopoulou/Vosniadou 2007).

2. Kompetenzentwicklung als konzeptuelle Umstrukturierung

In Übereinstimmung mit Ergebnissen der Konzeptwechselforschung in unterschiedlichen Inhaltsgebieten und Altersgruppen (vgl. z.B. Vosniadou/Baltas/Vamvakoussi 2007) schlagen wir drei Kompetenzniveaus in den von uns untersuchten Dimensionen vor: (1) Naive Vorstellungen (Fehlvorstellungen), die einer empirischen Prüfung in unterschiedlichen Kontexten nicht standhalten. (2) Zwischenvorstellungen, mit denen Phänomene begrenzt erklärt werden können. (3) Wissenschaftliche Vorstellungen, die auf in der Wissenschaft geteilten Konzepten beruhen.

Diese Kompetenzniveaus können auch durch Erkenntnisse begrifflicher Entwicklung, die für naturwissenschaftliches Lernen relevant sind, begründet werden. So ziehen Kinder[2] beispielsweise zunächst sogenannte naive Konzepte (Niveau 1) zur Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomenen heran, die im Laufe der Entwicklung eine fundamentale Umstrukturierung erfahren (vgl. z.B. Carey 1991). Dieses naive Wissen wird zunächst in vielen Alltagssituationen verstärkt, da es Kindern eine sinnvoll erscheinende Strukturierung und Vorhersage von Ereignissen ermöglicht. Naive Konzepte erfassen meist jedoch nicht oder nur teilweise die den Phänomenen zugrundeliegenden Mechanismen naturwissenschaftlicher Erklärungen. Naive Konzepte scheinen besonders im Hinblick auf außerschulische Kontexte und Transferkontexte schwer durch Unterricht veränderbar zu sein (vgl. Wandersee/Mintzes/Novak 1994). In vielen naturwissenschaftlichen Inhaltsgebieten können sogenannte Alltagsvorstellungen (Zwischenvorstellungen, Niveau 2) von naiven Vorstellungen unterschieden werden. Diese sind belastbare, ausbaufähige Vorstellungen zur Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene, wie beispielsweise das Materialkonzept im Kontext des „Schwimmen und Sinkens“ von Gegenständen (vgl. Hardy u.a. 2006; Tytler 2000). Erst durch Unterricht werden auch in der Grundschule erste wissenschaftliche Vorstellungen aufgebaut (Niveau 3). In vielen Fällen resultiert aus naturwissenschaftlichem Unterricht jedoch auch fragmentiertes oder nicht integriertes Wissen, welches das simultane Halten verschiedener Vorstellungen beinhaltet. Damit kann ein zusätzliches, höheres Kompetenzniveau (Niveau 3+) in der Integration von Vorstellungen im Sinne der simultanen Ablehnung von naiven Vorstellungen und der Annahme von wissenschaftlichen Vorstellungen gesehen werden.

Auch in Studien zum Wissenschaftsverständnis können die drei beschriebenen Niveaus unterschieden werden. Auf Niveau 1 (naive Vorstellung) wird Wissenschaft als

2 Bei der nachfolgenden Nennung von Personen sind jeweils beide Geschlechter gemeint.

Aktivität bzw. als objektivistisches Sammeln von Fakten verstanden, auf einer etwas höheren Ebene (Niveau 2, Zwischenvorstellung) als Herstellung einfacher kausaler Zusammenhänge. Auf Niveau 3 (wissenschaftliche Vorstellung) sehen Schüler Wissenschaft als Suche nach Erklärungen und wissenschaftliches Wissen als das Ergebnis der Prüfung von Hypothesen. Auf einem weiteren Niveau (das im Grundschulalter meist nicht erreicht wird) wird der zyklische und kumulative Charakter der Bildung, Prüfung und Revision von Theorien erkannt (vgl. Carey u.a. 1989; Sodian u.a. 2006).

2.1 Inhalte der Dimension naturwissenschaftliches Wissen

Die Mehrheit der Primarstufenlehrpläne fokussiert bei den naturwissenschaftlichen Themen auf den konzeptuell anspruchsvollen Bereich „Materie“ (z.B. Luft, Verdunsten/Kondensieren) und auf Themen wie Magnetismus, Auftriebs- und Gewichtskraft unter dem Aspekt der Wechselwirkung. Wir konzentrieren uns daher auf die Inhaltsgebiete „Schwimmen und Sinken“ und „Verdunstung/Kondensation“.

Schwimmen und Sinken: Als Vorläufer des Verständnisses von Schwimmen und Sinken können ein Verständnis von Materie und der Gewichtsbegriff angesehen werden (vgl. Carey 1991). Naive Erklärungen zum Schwimmen und Sinken im Grundschulalter sind häufig durch eine eindimensionale Fokussierung auf Aspekte des Objekts bzw. der Luft gekennzeichnet und somit nicht mit der das Objekt umgebenden Flüssigkeit verbunden (vgl. z.B. Tytler/Peterson 2004). Erst durch Instruktion werden fortgeschrittenere Erklärungsansätze mit Dichtevergleich und Auftriebskraft auch im Grundschulalter systematisch in verschiedenen Kontexten angewendet (vgl. Hardy u.a. 2006).

Verdunstung und Kondensation: Der Zusammenhang zwischen Verdunstung und Kondensation erfordert eine Vorstellung unterschiedlicher Zustände (Übergang von flüssig zu gasförmig). Naive Erklärungen zum Verdunsten geben häufig an, dass Wasser einfach verschwindet bzw. vom Boden absorbiert wird (vgl. z.B. Tytler 2000). Die Vorstellung, dass Wasser „nach oben“ transferiert wird, beinhaltet hingegen bereits den Ansatz der Konservierung von Masse. Erst mit ca. 12 Jahren wird eine „Umwandlung von flüssigem Wasser in gasförmiges Wasser“ (bzw. Auflösung in Teilchen) als Erklärung für die Verdunstung angegeben und eine Unterscheidung in Bezug auf die Zustandsform (flüssig/gasförmig) getroffen.

2.2 Inhalte der Dimension Wissen über Naturwissenschaften

Wissen über Naturwissenschaften umfasst a) die epistemologischen Überzeugungen über die Natur wissenschaftlichen Wissens und b) das Verständnis naturwissenschaftlicher Methoden (z.B. Datengewinnung, Dateninterpretation). Wissen über Naturwissenschaften wird, wenn überhaupt, erst im Sekundarschulunterricht gelehrt. Jedoch wird in der aktuellen naturwissenschaftsdidaktischen Debatte die Notwendigkeit der Einbet-

tung dieser Thematik in den breiteren Kontext eines adäquaten Verständnisses der Konstruktion naturwissenschaftlichen Wissens betont (vgl. Windschitl/Thompson/Braaten 2008) und durch neuere entwicklungspsychologische Befunde unterstrichen.

Wissenschaftsverständnis (Nature of Science). Das Wissenschaftsverständnis von Schülern der Sekundarstufe I entspricht meist einer unreflektierten epistemologischen Position, die durch die mangelnde Differenzierung zwischen Theorien/Hypothesen einerseits und empirischer Evidenz andererseits sowie durch ein unzureichendes Verständnis des zyklischen und kumulativen Charakters naturwissenschaftlichen Wissens gekennzeichnet ist (vgl. Carey u.a. 1989). Neuere Studien zum Wissenschaftsverständnis zeigen allerdings, dass selbst das Verstehensniveau von Grundschulkindern durch Interventionen eines wissenschaftstheoretisch orientierten Unterrichts signifikant angehoben werden kann und dass dieser Unterricht außerdem Effekte auf die Fähigkeit zur Produktion kontrollierter Experimente hat (vgl. Sodian u.a. 2006).

Methodenkompetenzen. Im Mittelpunkt unseres Interesses stehen das intuitive Verständnis experimenteller Designs (z.B. Variablenkontrollstrategien), sowie die Fähigkeit zur Interpretation von Kovariationsdaten im Hinblick auf eine zu evaluierende Hypothese. In neuerer entwicklungspsychologischer Forschung wurde ein grundlegendes Verständnis von Experimentierstrategien, Hypothesenprüfung und Evidenzevaluation im Vor- und Grundschulalter gefunden (vgl. Zimmerman 2007). So verstehen bereits Erstklässler den Unterschied zwischen der Produktion und dem Testen von Effekten und zeigen damit ein Grundverständnis der Hypothesenprüfung (vgl. Sodian/Zaitchik/Carey 1991) und bei fünf- bis siebenjährigen Kindern konnte ein rudimentäres Hypothese-Evidenz Verständnis nachgewiesen werden (vgl. z.B. Koerber u.a. 2005). Weiterhin sind bereits bei Drittklässlern Experimentierstrategien mit langfristigem Erfolg trainierbar (vgl. Strand-Cary/Klahr 2008).

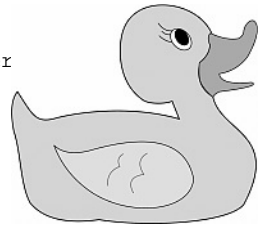
Obwohl es also Hinweise darauf gibt, dass im Grundschulalter sowohl im Bereich des naturwissenschaftlichen Wissens als auch im Bereich des Wissens über Naturwissenschaften grundlegende Umstrukturierungen von naiven Vorstellungen durch geeigneten Unterricht erfolgen können, ist die empirische Forschungslage insbesondere zur langfristigen individuellen Entwicklung von Vorstellungen im Bereich der Naturwissenschaften defizitär. Längsschnittuntersuchungen an größeren Stichproben mit gruppentestgeeigneten Instrumenten fehlen. Das aufwändige methodische Vorgehen in Interviewstudien wird zwar durch die Einbettung in sozio-kulturelle Theorien der Konzeptentwicklung von manchen Autoren gerechtfertigt (vgl. z.B. Mason 2007), bringt aber häufig mit sich, dass Entwicklungsverläufe lediglich anhand von querschnittlichen Vergleichen mit geringen Stichprobenzahlen postuliert werden. Ein zentrales Anliegen unseres Projekts ist deshalb die Konstruktion von gruppentestfähigen Instrumenten zur Erfassung der Dimensionen *naturwissenschaftliches Wissen* und *Wissen über Naturwissenschaften*, welche psychometrischen Gütekriterien entsprechen und zur längsschnittlichen Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter eingesetzt werden können.

3. Die Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenz mit grundschulgemäßen Testverfahren

Bei der Entwicklung von Testverfahren und der empirischen Testung des postulierten Kompetenzmodells gehen wir nach dem von Wilson (2005) vorgeschlagenen Ansatz des *construct modeling* vor. Dieser Ansatz beschreibt verschiedene produktive und reflektive Schritte bei der Entwicklung eines Messinstrumentes. Das zu messende Konstrukt wird als kontinuierliche, latente Variable verstanden, bei der verschiedene qualitative Niveaus unterschieden werden. Ausgangspunkt der Instrumententwicklung bildet eine sog. *construct map*, in der die Ausprägungen des Konstruktes auf den Kompetenzniveaus spezifiziert werden. Die Einzelitems der *construct map* sind individuelle Realisierungen ihrer Zellinhalte. Bei der Ausarbeitung der *construct map* konnte zum einen auf die Ergebnisse eigener Forschung zurückgegriffen werden (vgl. z.B. Hardy u.a. 2006), zum anderen wurden relevante Schülervorstellungen aus der fachdidaktischen

Gummiente

Instruktion des Testleiters:
Ich habe hier eine Gummiente. Mit so einer Gummiente kann man in der Badewanne spielen. Wie ihr seht,schwimmt die Gummiente oben auf dem Wasser (Demonstration!).



Woran liegt es, dass die Gummiente schwimmt?

Kreuze nach jeder Antwort ‚Richtig' oder ‚Falsch' an!

	Richtig	Falsch
1. Die Gummiente schwimmt, weil sie innen hohl ist.	☐	☐
2. Die Gummiente schwimmt, weil das Wasser sie nach oben drückt.	☐	☐
3. Die Gummiente schwimmt, weil sie sehr leicht ist.	☐	☐
Was ist die beste Antwort?	Nr. _____	

Abb. 1: Multiple-Select-Aufgabe mit anschließendem Multiple-Choice für die Komponente Schwimmen und Sinken. Antwortalternative 1 entspricht einer Zwischenvorstellung, Antwort 2 einer wissenschaftlichen und Antwort 3 einer naiven Vorstellung.

Forschung wie aus der entwicklungspsychologischen Forschung zusammengestellt (vgl. z.B. Bar/Galili 1994; vgl. Zimmerman 2007). Des Weiteren wurden relevante Kindervorstellungen in offenen Interviewfragen für die Formulierung der Antwortalternativen gesammelt.

Herr Müller baut Flugzeuge und möchte, dass sie möglichst wenig Treibstoff verbrauchen. Jetzt hat er verschiedene Ideen, wovon der Treibstoffverbrauch abhängen könnte:	
Er denkt: Ein Flugzeug kann eine runde Nase oder eine spitze Nase haben.	runde Nase spitze Nase
Er denkt: Die Höhenruder können oben oder unten angebracht werden.	Höhenruder oben Höhenruder unten
Er denkt: Ein Flugzeug kann doppelte Flügel oder einfache Flügel haben.	doppelte Flügel einfache Flügel
Herr Müller überlegt: Es könnte daran liegen, ob die **Höhenruder oben oder unten** angebracht werden.	

Was soll Herr Müller tun, um herauszufinden, ob die Stellung der Höhenruder wichtig oder egal für den Treibstoffverbrauch ist? **Kreuze die <u>beste</u> Antwort an!**	
1. Herr Müller muss ein paar Flugzeuge bauen und schauen, ob sie wenig Treibstoff verbrauchen.	
2. Herr Müller muss zwei Flugzeuge bauen, eines mit dem Höhenruder oben und eines mit dem Höhenruder unten. Sie müssen aber sonst gleich sein.	
3. Herr Müller muss zwei ganz unterschiedliche Flugzeuge bauen, bei denen er Nase, Flügel und Höhenruder unterschiedlich macht.	

Abb. 2: Multiple-Choice-Aufgabe für die Komponente Methodenkompetenz. Antwortalternative 1: Naive Vorstellung (Produktion von Effekten), Antwort 2: wissenschaftliche Vorstellung (kontrolliertes Experiment); Antwort 3: Zwischenvorstellung (kontrastiver Test).

Das *Item Design* betrifft die verschiedenen Aufgabenformate, wie *Forced-Choice-Aufgaben*, welche die Wahl der besseren von zwei vorgegebenen Antwortalternativen erfordern und damit auf den kritischen Übergang zwischen zwei Kompetenzniveaus fokussieren. Neben Aufgaben mit offenem Antwortformat gibt es einen weiteren Aufgabentypus, in dem eine wissenschaftliche Erklärung und mehrere naive Erklärungen separat als richtig oder falsch zu beurteilen sind. Dies zielt auf die Integration des Verständnisses, also auf die Frage, ob neben der Annahme der wissenschaftlichen Erklärung auch gleichzeitig die Ablehnung der naiven Erklärungen geleistet werden kann. Bei Multiple-Select-Aufgaben müssen drei Antwortalternativen, die jeweils eines der drei postulierten Kompetenzniveaus repräsentieren, getrennt beurteilt werden. Im Anschluss ist zusätzlich die beste Alternative auszuwählen (Multiple-Choice-Antwort). Dieses Format deckt folglich simultan die gesamte Spannbreite der drei Kompetenzniveaus ab. Bei der Formulierung von Aufgabenstämmen für die Dimension *naturwissenschaftliches Wissen* konnten für die Komponente *Schwimmen und Sinken* einige Aufgabenstämme aus Tests übernommen werden (vgl. Hardy u.a. 2006). Zur Itementwicklung für die Komponente *Verdunstung und Kondensation* wurden weitere eigene Vorarbeiten herangezogen. Die entlehnten Aufgabenstämme wurden überarbeitet und an die besonderen Erfordernisse der Testdurchführung mit Zweitklässlern angepasst. Weitere Aufgabenstämme wurden vollständig neu konzipiert (vgl. Abbildung 1).

Zur Komponente *Wissenschaftsverständnis* wurden Aufgabenstämme sowohl zum abstrakt-deklarativen als auch zum kontextualisierten Wissenschaftsverständnis konstruiert. Dabei dienten Vorarbeiten aus Interviewstudien als Orientierung (vgl. Carey u.a. 1989). Beispiele für kontextualisierte Items sind Interpretationskonflikte zwischen zwei Wissenschaftlern, z.B. über die Genese einer Krankheit (Anlage vs. Umwelt Theorien). Die Aufgaben basieren z.T. auf dem sogenannten „Hexerei-Interview“ der LOGIK-Studie (vgl. z.B. Bullock/Sodian/Koerber 2009). Weitere Aufgaben wurden in Anlehnung an das „Nature Nurture Interview“ (vgl. Thoermer/Sodian 2002) entwickelt. Für die Komponente *Methodenkompetenz* wurden aufbauend auf entwicklungspsychologischen Vorarbeiten Aufgabenstämme zu Experimentierstrategien konstruiert. Dazu zählen die Unterscheidung zwischen Hypothesenprüfung und Effektproduktion, die Wahl eines konklusiven Tests, eines kontrastiven bzw. kontrollierten Experiments sowie das Verständnis verschiedener Aspekte des experimentellen Designs. Eine Beispielaufgabe ist in Abbildung 2 dargestellt.

Bei der Durchführung der Tests wird eine ausreichende Betreuung durch Assistenten insbesondere für die Zweitklässler gewährleistet. Nach einer Erläuterung des Untersuchungszwecks wird durch die gemeinsame Bearbeitung von Beispielaufgaben sichergestellt, dass alle Probanden das Antwortformat verstehen, wobei alle Aufgaben jeweils von der Versuchsleitung vorgelesen werden und durch Projektion der behandelten Aufgabe sowie ggf. kurzen Demonstrationen begleitet werden.

4. Itempilotierung und Messmodell

Die Überarbeitung der Aufgaben erfolgte in einem gestuften Prozess: Zu Beginn standen qualitative Aufgabenerprobungen mit kleinen Stichproben, worauf eine Prä-Pilotierung der entwickelten Aufgaben beider Dimensionen an einer Stichprobe von $N = 1274$ folgte. Die Bearbeitungszeiten und Beobachtungen hinsichtlich der Durchführung bestätigten die Machbarkeit von Gruppentestungen in beiden Altersgruppen der zweiten und vierten Klasse. Darüber hinaus wurden die psychometrischen Eigenschaften der Einzelitems und 21 Testhefte für beide Dimensionen getrennt ausgewertet (vgl. hierzu Kleickmann u.a. im Druck; Koerber u.a. im Druck). Beispielsweise wurden bei Kleickmann u.a. (im Druck) bei einer Substichprobe von $N = 100$ Kindern bei einem Testheft Hinweise sowohl auf adäquate Itemschwierigkeiten und Reliabilitäten gefunden als auch darauf, dass Antworten auf einem höheren Niveau tatsächlich häufiger bei Viert- als bei Zweitklässlern auftreten. In Validierungsstudien (Ergebnisse liegen derzeit noch nicht vor) wird zudem untersucht, inwieweit frei produzierte Schülerantworten mit der Aufgabenbearbeitung im Fragebogen zusammenhängen. Dabei bearbeiten jeweils ca. 70 Drittklässler ein Testheft aus Items der Prä-Pilotierung sowie Fragen im Einzelinterview, um die konvergente Validität dieser Aufgaben zu prüfen. Zur Ermittlung der diskriminanten Validität werden weitere Variablen wie kognitive Fähigkeit und Leseverständnis erfasst. Nach Auswertung der Prä-Pilotierungsstudie nach psychometrischen Eigenschaften und Augenscheinvalidität resultierte aus einem Itempool von insgesamt 167 Aufgaben mit 370 Einzelitems eine Anzahl von $N = 244$ Items für die Dimension naturwissenschaftliches Wissen und $N = 126$ Items für die Dimension Wissen über Naturwissenschaften, die in einer Querschnittserhebung in der zweiten, dritten und vierten Klasse mit $N = 900$ Kindern eingesetzt werden sollen, um die Dimensionalität der beiden Bereiche zu überprüfen. Dabei erfassen wir als Kontrollvariablen die kognitive Fähigkeit, das Leseverständnis, die Schulleistung in den Fächern Sachunterricht, Deutsch und Mathematik (Noten) und den sozioökonomischen Status sowie den Migrationshintergrund der Kinder.

Wie unter Punkt 2 ausgeführt, umfasst das empirisch zu prüfende Modell naturwissenschaftlicher Kompetenz in der Grundschule ein Struktur- und ein Niveau-Modell. Sowohl für die Dimension *naturwissenschaftliches Wissen* als auch für die Dimension *Wissen über Naturwissenschaften* werden drei hierarchisch geordnete Kompetenzniveaus postuliert: Naive Vorstellungen, Zwischenvorstellungen und wissenschaftliche Vorstellungen. Die statistische Modellierung soll anhand einer Variante des Rasch-Modells (Partial-Credit-Modell; Rost u.a. 2004) erfolgen. Die Annahme einer hierarchischen Gliederung naturwissenschaftlicher Kompetenz in drei Niveaus wird geprüft, indem die empirischen Itemschwierigkeiten bzw. die Schwellenparameter im Falle der Partial-Credit-Aufgaben zu den im Kompetenzmodell postulierten Kompetenzniveaus in Beziehung gesetzt werden. Obwohl von einer Überlappung der Kompetenzniveaus auszugehen ist, werden für beide Kompetenzdimensionen substantielle Korrelationen zwischen Itemschwierigkeiten und Kompetenzniveaus erwartet.

Durch die Anwendung eines Raschmodells in Verbindung mit einem Multi-Matrix-Design wird es möglich, die Daten zu den beiden Kompetenzdimensionen aufeinander

zu beziehen und die Annahme zu prüfen, dass konzeptuelles Wissen in grundlegenden Inhaltsbereichen und formales Wissen zwei Dimensionen naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter bilden. Dies wird anhand von ein- und mehrdimensionalen Raschmodellen erfolgen. Dabei vermuten wir Zusammenhänge zwischen den beiden Dimensionen insbesondere für das obere Kompetenzniveau. Wegen der anzunehmenden Bereichsspezifität konzeptuellen naturwissenschaftlichen Wissens wird in weiterführenden Analysen geprüft, ob die beiden Inhaltsbereiche Schwimmen und Sinken und Verdunstung/Kondensation tatsächlich zwei Dimensionen bilden oder besser eindimensional modelliert werden. Diese Analysen werden insbesondere Aufschluss geben über den in der Entwicklungspsychologie und der Fachdidaktik diskutierten Zusammenhang von bereichsspezifischem und bereichsübergreifendem Wissen im Grundschulalter.

Literatur

Bar, V./Galili, I. (1994): Stages on children's views about evaporation. In: International Journal of Science Education 16, H. 2, S. 157–174.

Bullock, M./Sodian, B./Koerber, S. (2009): Doing experiments and understanding science: Development of scientific reasoning from childhood to adulthood. In: Schneider, W./Bullock, M. (Hrsg.): Human development from early childhood to early adulthood. Findings from the Munich Longitudinal Study. Mahwah, NJ: Erlbaum, S. 173–197.

Carey, S. (1991): Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? In: Carey, S./Gelman, R. (Hrsg.): The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Carey, S./Evans, R./Honda, M./Jay, E./Unger, C. (1989): An experiment is when you try it and see if it works. A study of junior high school students' understanding of the construction of scientific knowledge. In: International Journal of Science Education 11, S. 514–529.

Duit, R./Häußler, P./Prenzel, M. (2001): Schulleistungen im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung. In: Weinert, F. (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim: Beltz, S. 169–186.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2002): Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

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, H. 2, S. 307–326.

Kauertz, A./Fischer, H.E. (2006): Assessing students level of knowledge and analysing the reasons for learning difficulties in physics by Rasch Analysis. In: Xiufeng, L./Boone, W.E. (Hrsg.): Applications of Rasch Measurement in Science Education. USA: Jam Press, S. 212–246.

Kleickmann, T./Hardy, I./Möller, K./Pollmeier, J./Tröbst, S. (im Druck): Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter: Theoretische Konzeption und Testkonstruktion. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.

Klieme, E./Avenarius, H./Blum, W./Döbrich, P./Gruber, H./Prenzel, M./Reiss, K./Riquarts, K./Rost, J./Tenorth, H.-E./Vollmer, H. (2003): Expertise zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Berlin: BMBF.

Koerber, S./Sodian, B./Thoermer, C./Nett, U. (2005): Scientific reasoning in young children: Preschoolers' ability to evaluate covariation evidence. In: Swiss Journal of Psychology 64, H. 3, S. 141–152.

Koerber, S./Sodian, B./Kropf, N./Mayer, D./Schwippert, K. (im Druck): Die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter: Theorieverständnis, Experimentierstrategien, Dateninterpretation. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie.

Mason, L. (2007): Introduction: Bridging the cognitive and sociocultural approaches in research on conceptual change: Is it feasible? In: Educational Psychologist 42, H. 1, S. 1–7.

Prenzel, M./Artelt, C./Baumert, J./Blum, W./Hammann, M./Klieme, E./Pekrun, R. (2007): PISA 2006 in Deutschland – Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie. Münster: Waxmann.

Rost, J./Prenzel, M./Carstensen, C.H./Senkbeil, M./Groß, K. (2004): Naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland – Methoden und Ergebnisse von PISA 2000. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

Sodian, B./Jonen, A./Thoermer, C./Kircher, E. (2006): Die Natur der Naturwissenschaften verstehen – Implementierung wissenschaftstheoretischen Unterrichts in der Grundschule. In: Prenzel, M./Allolio-Näcke, J. (Hrsg.): Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms. Münster: Waxmann, S. 147–160.

Sodian, B./Zaitchik, D./Carey, S. (1991): Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. In: Child Development 6, S. 753–766.

Stathopoulou, C./Vosniadou, S. (2007): Exploring the relationship between physics-related epistemological beliefs and physics understanding. In: Contemporary Educational Psychology 32, S. 255–281.

Strand-Cary, M./Klahr, D. (2008): Developing elementary science skills: Instructional effectiveness and independence. In: Cognitive Development 23, H. 4, S. 488–511.

Thoermer, C./Sodian, B. (2002): Science undergraduates' and graduates' epistemologies of science: The notion of interpretive frameworks. In: New Ideas in Psychology 20, S. 263–283.

Tytler, R. (2000): A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: Dimensions of conceptual progression. In: International Journal of Science Education 22, H. 5, S. 447–467.

Tytler, R./Peterson, S. (2004): From „try it and see" to strategic exploration: Characterizing young children's scientific reasoning. In: Journal of Research in Science Teaching 41, H. 1, S. 94–118.

Vosniadou, S./Baltas, A./Vamvakoussi, X. (2007): Re-framing the conceptual change approach in learning and instruction. Amsterdam: Elsevier Science.

Wandersee, J./Mintzes, J./Novak, J. (1994): Research on alternative conceptions in science. In: Gabel, D. (Hrsg.): Handbook of Research on Science Teaching and Learning. New York: Macmillan Publishing Company, S. 177–210.

Wilson, M. (2005): Constructing Measures. An item-response modelling approach. Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Windschitl, M./Thompson, J./Braaten, M. (2008): Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. In: Science Education 92, H. 5, S. 941–967.

Zimmerman, C. (2007): The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. In: Developmental Review 27, H. 2, S. 172–223.

Anschrift der Autor/innen

Prof. Dr. Ilonca Hardy, Goethe-Universität Frankfurt, Senckenberganlage 15,
D-60054 Frankfurt am Main
E-Mail: hardy@em.uni-frankfurt.de

Dr. Thilo Kleickmann, Max-Planck- Institut für Bildungsforschung, Lentzeallee 94,
D-14195 Berlin
E-Mail: kleickmann@mpib-berlin.mpg.de

Prof. Dr. Susanne Koerber, Pädagogische Hochschule Freiburg, Fakultät 1, Institut für Psychologie, Kunzenweg 15, D-79117 Freiburg
E-Mail: susanne.koerber@ph-freiburg.de

Dipl. Psych. Daniela Mayer, Ludwig-Maximilians-Universität München,
Lehrstuhl für Entwicklungspsychologie, Leopoldstr. 13, D-80802 München
E-Mail: daniela.mayer@psy.lmu.de

Prof. Dr. Kornelia Möller, Seminar für Didaktik des Sachunterrichts, Fachbereich Physik,
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Leonardo Campus 11, D-48149 Münster
E-Mail: sachunterricht@uni-muenster.de

Dipl. Psych. Judith Pollmeier, Seminar für Didaktik des Sachunterrichts, Fachbereich Physik,
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Leonardo Campus 11, D-48149 Münster
E-Mail: j.pollmeier@uni-muenster.de

Prof. Dr. Knut Schwippert, Sektion 1: Allgemeine, Interkulturelle und International vergleichende Erziehungswissenschaft, Universität Hamburg, Binderstraße 34,
D-20146 Hamburg
E-Mail: knut.schwippert@uni-hamburg.de

Prof. Dr. Beate Sodian, Ludwig-Maximilians-Universität München,
Lehrstuhl für Entwicklungspsychologie, Leopoldstr. 13, D-80802 München
E-Mail: beate.sodian@psy.lmu.de