

Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz in der Grundschule (Science-P): Naturwissenschaftliches Wissen

Judith Pollmeier, Thilo Kleickmann, Ilonca Hardy, Steffen Tröbst, Kornelia Möller, Knut Schwippert

Das Projekt Science-P ist eines der im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogrammes „Kompetenzdiagnostik“ (Klieme/Leutner 2006) geförderten Projekte. Science-P ist als interdisziplinäres Projekt angelegt, in dem Vertreter der Psychologie (Prof. Dr. Beate Sodian, Dr. Susanne Koerber, Nicola Kropf, Daniela Mayer), der Sachunterrichtsdidaktik (Prof. Dr. Kornelia Möller, Dr. Christina Beinbrech, Dr. Thilo Kleickmann, Judith Pollmeier, Steffen Tröbst) und der Erziehungswissenschaft (Prof. Dr. Ilonca Hardy, Prof. Dr. Knut Schwippert) zusammenarbeiten.

Forschungen zur Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenzen bei Kindern im Grundschulalter sind bisher rar. Zwar gibt es wie für den Sekundarbereich normative Beschreibungen gestufter Kompetenz in verschiedenen Inhaltsbereichen (z.B. National Science Education Standards [NSES] 1996; Qualifications and Curriculum Authority [QCA] 2000), doch fehlt bisher eine empirische Prüfung entsprechender Kompetenzmodelle. Das einzige Projekt, das sich bisher dieser Aufgabe im Bereich Naturwissenschaften in der Grundschule widmet, ist das Schweizer Projekt HarmoS (Labudde 2007). Das Anliegen einer differenzierten Erfassung von Kompetenzentwicklung im Grundschulalter wird gestützt durch inzwischen als abgesichert geltende Befunde, wonach das naturwissenschaftliche Verständnis von Grundschulkindern sowohl auf inhaltlicher Ebene (z.B. Verständnis grundlegender physikalischer Konzepte) als auch auf methodischer und reflektierender Ebene (Verständnis von Experimentierstrategien; Nature of Science) sehr viel weiter entwickelt ist bzw. durch Unterricht gefördert werden kann als bisher angenommen (z.B. Möller/Jonen/Hardy/Stern 2002; Sodian/Thoermer/Kircher/Grygier/Günther 2002). Eine differenzierte Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenzentwicklung in der Grundschule ist auch notwendig, um Anknüpfungspunkte für Modelle späterer Kompetenzentwicklung in der Sekundarstufe aufzuzeigen.

Die Konzeption naturwissenschaftlicher Kompetenz im Rahmen von Science-P hat in Anlehnung an das Stufenmodell der Scientific Literacy von Bybee (1997) die differenzierte Erfassung des Bereichs der „konzeptionellen und prozeduralen Scientific Literacy“ zum Ziel. Diese betrifft – im Gegensatz zur

Kenntnis von Begriffen und Faktenwissen – das Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Ideen und Verfahren mit ihrer Beziehung zu Begriffen und Prinzipien, also sowohl das konzeptuelle Verständnis als auch das Verständnis naturwissenschaftlicher Methoden und Vorgehensweisen.

Ziel eines ersten Projektteils von Science-P ist die Entwicklung und empirische Prüfung eines Kompetenzstrukturmodells, das die beiden grundlegenden Bereiche naturwissenschaftlicher Kompetenz, „naturwissenschaftliches Wissen“ (Konzepte) und „Wissen über die Naturwissenschaften“ (Prozesse), umfasst, wobei in beiden Bereichen eine Hierarchie von drei Kompetenzniveaus angenommen wird (s. Abschnitt 1). Das Modell soll anhand einer Querschnittsstudie mit Kindern der 2., 3. und 4. Klasse validiert werden. Dazu werden gruppentestfähige Instrumente zur Erfassung der Kompetenz in den beiden genannten Bereichen entwickelt. Fokussiert wird dabei auf den physikbezogenen Lernbereich.

Ziel eines zweiten Projektteils ist die Entwicklung eines Kompetenzmodells, das die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz von der zweiten bis zur vierten Klasse beschreiben kann. Dieses Modell soll anhand einer Längsschnittstudie überprüft werden. Außerdem soll in diesem zweiten Projektteil der Einfluss von Lehrerkompetenzen auf die Entwicklung der naturwissenschaftlichen Kompetenz bei Grundschulkindern untersucht werden.

In diesem Beitrag wird im Folgenden auf die Untersuchungen zum Kompetenzbereich *Naturwissenschaftliches Wissen* eingegangen, die Untersuchungen zum Bereich *Wissen über Naturwissenschaften* werden im Beitrag von Koerber und Kollegen näher beschrieben.

1 Modellierung des Kompetenzbereichs Naturwissenschaftliches Wissen

Die Conceptual-Change-Forschung beschäftigt sich seit langem mit entwicklungs- und instruktionsbedingten Verständnisprozessen im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens, wobei insbesondere der Einfluss von naiven Schülervorstellungen auf Lernprozesse untersucht wird (Duit 1999). Aufgrund von Erfahrungen in der Alltagswelt entwickeln Kinder naive Konzepte, die zur Interpretation von Phänomenen in der Welt herangezogen werden. Diese sind in vielen Fällen nicht vereinbar mit wissenschaftlichen Erklärungsmodellen und überdauern häufig traditionelle Formen des naturwissenschaftlichen Unterrichts (Duit 1999; Wandersee/Mintzes/Novak 1994). Naturwissenschaftliches Lernen beinhaltet demnach eine fundamentale Umstrukturierung von Konzepten in neue, wissenschaftlich begründete Ideen (z.B. diSessa 2006; Vosniadou/Ioannides/Dimitrakopoulou/Papademetriou 2001). Konzeptuelle Entwicklung wird mittlerweile allerdings nicht mehr als ein abrupter Wechsel zwischen

naiven und wissenschaftlichen Vorstellungen angesehen, sondern vielmehr als gradueller Prozess der Umstrukturierung, der Phasen mit sogenannten Zwischenvorstellungen beinhalten kann. So gehen beispielsweise Vosniadou und Kollegen (2001) davon aus, dass sogenannte synthetische Modelle konstruiert werden, bei denen Kinder Elemente wissenschaftlicher Erklärungen und naiver Vorstellungen in einem mentalen Modell integrieren. Vor diesem Hintergrund werden im Rahmen von Science-P drei hierarchisch geordnete Kompetenzniveaus angenommen: Naive Vorstellungen, Zwischenvorstellungen und wissenschaftliche Vorstellungen. Für den Bereich *Naturwissenschaftliches Wissen* wird innerhalb der wissenschaftlichen Vorstellungen noch einmal unterschieden zwischen einem einfachen wissenschaftlichen Verständnis, bei dem Schüler wissenschaftlich akzeptable Vorstellungen zeigen, und einem integrierten Verständnis, das zusätzlich durch die simultane Ablehnung naiver Vorstellungen gekennzeichnet ist. Die Modellierung der Kompetenz im Bereich *Naturwissenschaftliches Wissen* wird für die beiden physikbezogenen Inhaltsbereiche *Schwimmen und Sinken* und *Verdunstung und Kondensation* vorgenommen. Diese Inhaltsbereiche wurden weiter strukturiert, indem jeweils relevante Basiskonzepte festgelegt wurden. Zusätzlich zu den Basiskonzepten wurde die Anwendung der Konzepte in den Kontexten „Schwimmen und Sinken“ und „der natürliche Wasserkreislauf“ mit in die Struktur aufgenommen. Zusammengekommen bilden die hierarchische und die inhaltliche Gliederung die postulierte Struktur des Kompetenzbereichs *Naturwissenschaftliches Wissen* für die Inhaltsbereiche *Schwimmen und Sinken* sowie *Verdunstung und Kondensation*. Die Struktur ist in Abbildung 1 dargestellt.

		Level 1	Level 2	Level 3	Level 3+
		naive Vorstellung	Zwischen-Vorstellungen	wissenschaftliche Vorstellungen	
				wiss. Verständnis	integriertes Verständnis
Schwimmen & Sinken	Auftrieb				
	Dichte				
	Verdrängung				
	Kontext S&S				
Verdunstung & Kondensation	Verdunstung				
	Kondensation				
	Kontext Wasserkreislauf				

Abb. 1: Struktur des Kompetenzbereichs *naturwissenschaftliches Wissen*

2 Aufgabenentwicklung im Kompetenzbereich *Naturwissenschaftliches Wissen*

Zur Entwicklung des Instruments ist ein gestuftes Vorgehen der Aufgabenentwicklung geplant. In einer ersten Phase wurden, basierend auf dem o.g. Kompetenzmodell, 60 Aufgaben je Inhaltsbereich entwickelt. Dabei wurden Aufgaben mit verschiedenen Formaten konstruiert: Bei sog. Forced-Choice-Aufgaben muss die bessere von zwei vorgegebenen Antwortalternativen gewählt werden. Dabei werden jeweils zwei nebeneinander liegende Kompetenzniveaus gegeneinander getestet. Diese Aufgaben liefern Informationen darüber, welches Niveau bei einem direkten Vergleich bevorzugt wird. Des Weiteren gibt es Aufgaben, die das Niveau des integrierten Verständnisses erfassen, bei denen also naive Vorstellungen abgelehnt und einer wissenschaftlichen Erklärung zugestimmt werden muss. Bei sog. Partial-Credit-Aufgaben müssen drei Erklärungen als richtig oder falsch beurteilt werden, die jeweils eins der postulierten drei Kompetenzniveaus repräsentieren (s. Abb. 2). Aus den Antwortalternativen soll zusätzlich die beste ausgewählt werden. So soll geprüft werden, auf welchem Niveau präferierte Erklärungen liegen.

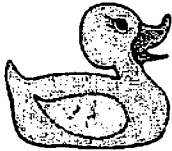
Instruktion des Testleiters: Ich habe hier eine Gummiente. Mit so einer Gummiente kann man in der Badewanne spielen. Wie ihr seht, schwimmt die Gummiente oben auf dem Wasser (Demonstration!). Woran liegt es, dass die Gummiente schwimmt? Kreuze nach jeder Antwort ‚Richtig‘ oder ‚Falsch‘ an!			
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Richtig</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Falsch</td> </tr> </table>	Richtig	Falsch
Richtig	Falsch		
1. Die Gummiente schwimmt, weil sie innen hohl ist.	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2. Die Gummiente schwimmt, weil das Wasser sie nach oben drückt.	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3. Die Gummiente schwimmt, weil sie sehr leicht ist.	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Was ist die beste Antwort?	Nr. _____		

Abb. 2: Partial-Credit-Aufgabe aus dem Inhaltsbereich Schwimmen und Sinken

Aufgaben mit offenem Antwortformat werden ebenfalls aufgenommen, um die freie Konstruktion von Erklärungen bei den Kindern zu berücksichtigen.

Die Aufgaben wurden in kleineren Vortests und einer Prä-Pilotierung in 46 Klassen der zweiten und vierten Jahrgangsstufe auf die Eignung für Gruppentes-

tung und auf die Verständlichkeit der Aufgaben hin überprüft, um inadäquate Aufgaben aussondern bzw. überarbeiten zu können. In einer Validierungsstudie soll die konvergente und diskriminante Validität der Aufgaben ermittelt werden. In einer letzten Phase der Instrumententwicklung findet eine Erhebung an einer größeren Stichprobe von Schülerinnen und Schülern der zweiten und vierten Klassenstufe statt. Aufgrund der großen Zahl zu testender Aufgaben wird ein Multi-Matrix-Design bei der Zusammenstellung von Testheften gewählt. Auf Basis der Daten sollen die psychometrischen Eigenschaften der Testaufgaben anhand von Raschanalysen überprüft werden. Erwartet werden zwei Dimensionen für die Inhaltsbereiche Schwimmen und Sinken sowie Verdunstung und Kondensation. Außerdem wird erwartet, dass sich die postulierten Kompetenzniveaus in der Schwierigkeit der Testaufgaben widerspiegeln.

Literatur

Bybee, Rodger W. (1997): Toward an understanding of scientific literacy. In: Gräber, Wolfgang/Bolte, Claus (Hrsg.): Scientific Literacy. Kiel: IPN. 37-68.

diSessa, Andrea (2006): A history of conceptual change research. In: Sawyer, Keith: 265-281.

Duit, Reinders (1999): Conceptual change approaches in science education. In: Schnotz, Wolfgang/Vosniadou, Stella/Carretero, Mario (Hrsg.): New perspectives on conceptual change. New York: Pergamon: 263-282.

Gabel, Dorothy (Hrsg.) (1994): Handbook of research on science teaching and learning. New York: Macmillan Publishing Company.

Klieme, Eckhardt/Leutner, Detlev (2006): Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Überarbeitete Fassung des Antrags an die DFG auf Einrichtung eines Schwerpunktprogramms.

Labudde, Peter (2007): How to develop, implement and assess standards in science education? 12 challenges from a Swiss perspective. In: Waddington, David et al.: 277-301.

Möller, Kornelia/Jonen, Angela/Hardy, Ilonca/Stern, Elsbeth (2002): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Zeitschrift für Pädagogik. 45. Beiheft. 176-191.

National Science Education Standards. (1996): National Research Council, National Committee on Science Education Standards and Assessment. Washington, DC.

Qualifications and Curriculum Authority (2000): Department for Education and Employment (DfEE). Science: The National Curriculum for England: Key Stages 1-4.

Sawyer, Keith (Ed.) (2006): The Cambridge Handbook of the learning sciences. Cambridge: Univ. Press.

Sodian, Beate/Thoermer, Claudia/Kircher, Ernst/Grygier, Patricia/Günther, Johannes (2002): Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. In: ZfPäd. 45. Beiheft. 192-206.

Vosniadou, Stella/Ioannides, Christos/Dimitrakopoulou, Aggeliki/Papademetriou, Efi (2001): Designing learning environments to promote conceptual change in science. In: Learning and Instruction. 15. Jg. 317-419.

Waddington, David/Nentwig, Peter/Schanze, Sascha (Hrsg.) (2007): Making it comparable – standards in science education. Münster: Waxmann.

Wandersee, James/Mintzes, Joel/Novak, Joseph (1994): Research on alternative conceptions in science. In: Gabel, Dorothy: 177-210.