

Kornelia Möller

Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte?

1. Naturwissenschaftliche Grundbildung im Sachunterricht der Grundschule

In Deutschland ist der Sachunterricht in der Grundschule das Schulfach, in dem naturwissenschaftliche Bildung „grundgelegt“ werden soll. Allerdings umfasst der Sachunterricht neben dem naturwissenschaftlichen Lernbereich noch ein weites Spektrum an Sachfeldern aus den Bereichen der Geographie, Geschichte, Sozialwissenschaften und Technik, das ebenso berücksichtigt werden muss. Obwohl sich der Sachunterricht nicht als ein Additivum aus verschiedenen Sachfächern versteht, finden die Belange der Sachfächer Berücksichtigung im Sachunterricht. Der kürzlich erschienene Perspektivrahmen Sachunterricht, der von der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) veröffentlicht wurde, nimmt hierzu klar Stellung: „Die spezielle Aufgabe des Sachunterrichts ist es, Schülerinnen und Schülern dabei zu helfen, sich die natürliche, soziale und technisch gestaltete Umwelt bildungswirksam zu erschließen und dabei auch Grundlagen für den Fachunterricht an weiterführenden Schulen zu legen“ (GDSU 2002, 2). Ein auf diese Weise begründeter Sachunterricht soll sicherstellen, dass Grundschulunterricht ein relevantes und anschlussfähiges Wissen für weiterführendes Lernen bereitstellt, das Erlernte aber auch von den Kindern als sinnvoll und erschließend erlebt werden kann (Stern, Möller i.D.). Kompetenzen, Ziele und Inhalte, die zur Grundlegung naturwissenschaftlichen Wissens und zur Erschließung der natürlichen Umwelt als notwendig erachtet werden, sind in der naturbezogenen Perspektive des Sachunterrichts beschrieben (GDSU 2002).

Die Forderung, bereits in der Grundschule naturwissenschaftliche Verfahren und Inhalte zu bearbeiten, existiert in Deutschland schon seit Ende der 60er Jahre. Empfehlungen des Strukturplans des Deutschen Bildungsrates bildeten den Hintergrund für die Entwicklung von Curricula, die sich an amerikanischen Vorbildern orientierten. Während diese Ziele durch ausgesprochen differenzierte Spiralcurricula systematisch verfolgt wurden, gelang es nicht, die Lernbedürfnisse, Denkweisen und Alltagserfahrungen von Grundschulkindern dabei angemessen zu berücksichtigen. Die Vernachlässigung der Perspektive des lernenden Kindes war deshalb einer der Hauptkritikpunkte an den frühen naturwissenschaftlichen Curricula (Soostmeyer 1988). Aber auch das Ziel, weiterführendes Lernen vorzubereiten, wurde im Hinblick auf

begriffliches Fachwissen nicht erreicht. So kamen internationale Untersuchungen zu dem Urteil, dass die Bemühung, begriffliches Fachwissen zu vermitteln, als misslungen gelten musste (Lauterbach 1992, 205). Verstehendes Lernen, ein wichtiges Ziel des Sachunterrichts (Köhnlein 1999), wurde auf diesem Wege nicht erreicht.

Das Scheitern der sog. wissenschaftsorientierten Ansätze zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht in den siebziger Jahren führte in der Folgezeit zu einer Pendelbewegung mit einer Hinwendung zu lebensweltorientierten Ansätzen. Viele der Anfang der 70er Jahre implementierten naturwissenschaftlichen Inhalte verschwanden wieder aus den Lehrplänen (Köhnlein 1984).

International ist heute die Grundlegung naturwissenschaftlicher Bildung in der Grundschule unumstritten. So gibt es z.B. in den USA, England und Kanada inzwischen detaillierte Curricula, die einen anspruchsvollen und teilweise sehr systematisch aufgebauten naturwissenschaftlichen Unterricht anstreben (z.B. Council of Ministers of Education 1997, National Research Council 1996). In Deutschland findet derzeit in einigen Bundesländern vor dem Hintergrund der Diskussionen um TIMSS und PISA eine Trendwende statt. Entsprechend den Vorschlägen der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) gliedert zum Beispiel der neue nordrhein-westfälische Lehrplan den Sachunterricht in fünf Perspektivfelder; das naturwissenschaftliche Perspektivfeld ist eines davon. In diesem Perspektivfeld werden verpflichtende Themenbereiche mit Bezug zu den Fächern Biologie, Chemie und Physik benannt.

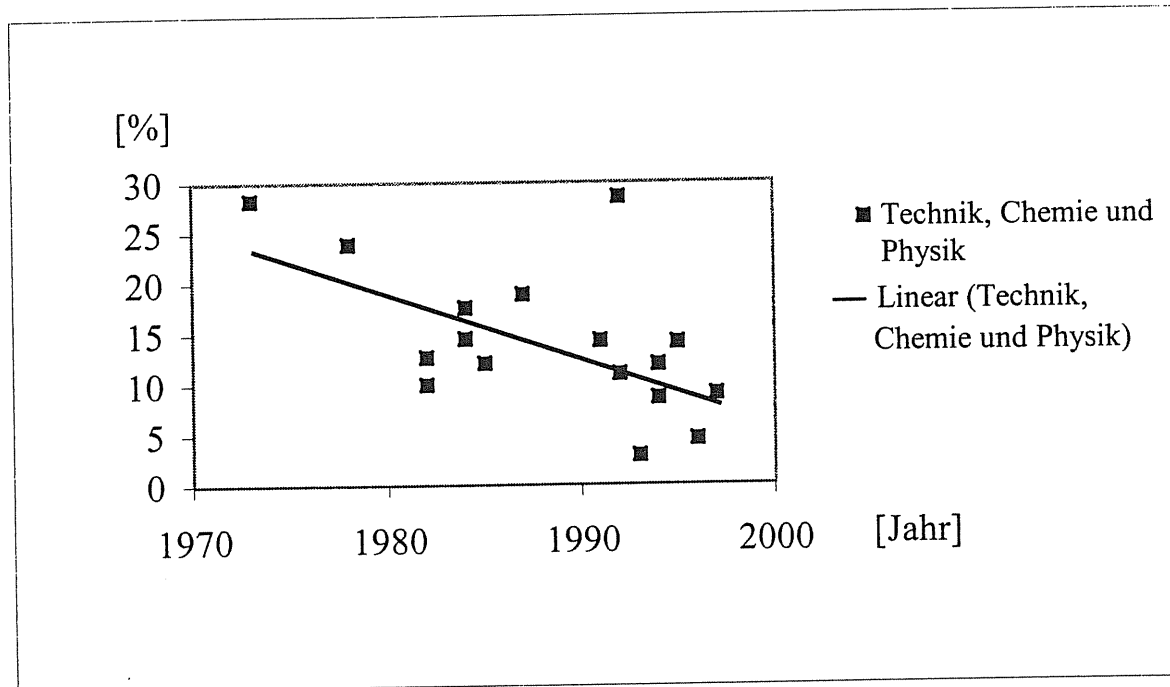
2. Zur Verbreitung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in deutschen Grundschulen

Strunck, Lück und Demuth führten 1998 eine umfassende Analyse der deutschen Lehrpläne über einen Zeitraum von 1974 bis 1998 im Hinblick auf die vorhandenen fachbezogenen Anteile durch. Für die Fächer Physik, Chemie und Technik weisen sie nach, dass seit den 80er Jahren ein ständiger Rückgang dieser Fachanteile zu verzeichnen ist, physikalisch und chemisch akzentuierte Themen in den Lehrplänen heute nur noch eine Randerscheinung darstellen und in einigen Bundesländern völlig fehlen (vgl. Abb. 1).

In ähnlicher Weise untersuchte Einsiedler 1998 die inhaltlichen Bereiche der amtlichen Lehrpläne aller Bundesländer für die Klassenstufen 1/2 und 3/4. Seine Ergebnisse stimmen im Wesentlichen mit denen von Strunck et al. (1999) überein. Als bedenklich formuliert Einsiedler, dass die Biologie 60% aller naturwissenschaftlichen Inhalte umfasst und das bei weitem umfangreichste Themengebiet im Sachunterricht darstellt, während Themen aus Physik/Chemie/Technik deutlich unterrepräsentiert sind (vgl. Abb. 2). Wie

Strunck et al. stellt Einsiedler große länderspezifische Unterschiede fest; in einigen Ländern fehlen Themen aus der unbelebten Natur völlig (Einsiedler 2002, 35).

Abb. 1: Gesamtanteil chemischer, physikalischer und technischer Themen in den Lehrplänen von 1970 – 1998*

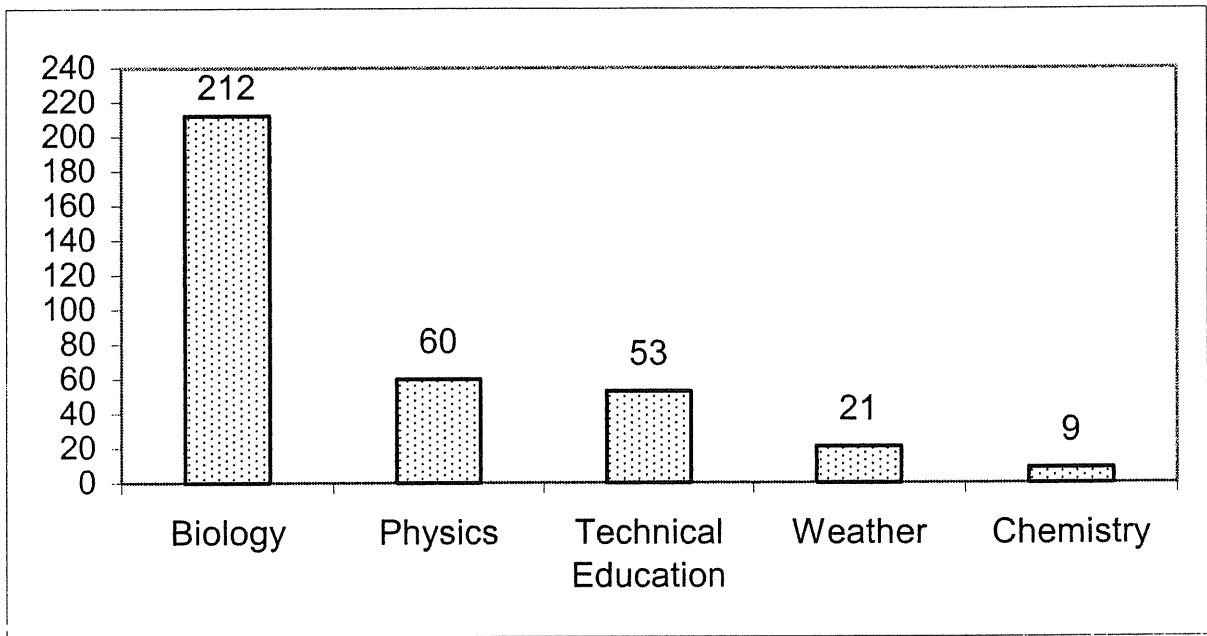


* (nach Strunck et al. 1999, 30)

Weiterhin bestätigt eine detailreiche Schulbuchanalyse von Sachunterrichtsthemen für den Zeitraum von 1970 bis 2000 (Blaseio 2002) den deutlichen Rückgang an physikalischen und chemischen Inhalten bei einem gleichbleibend hohen Verbreitungsniveau der geographischen und biologischen Inhalte (vgl. Abb. 3).

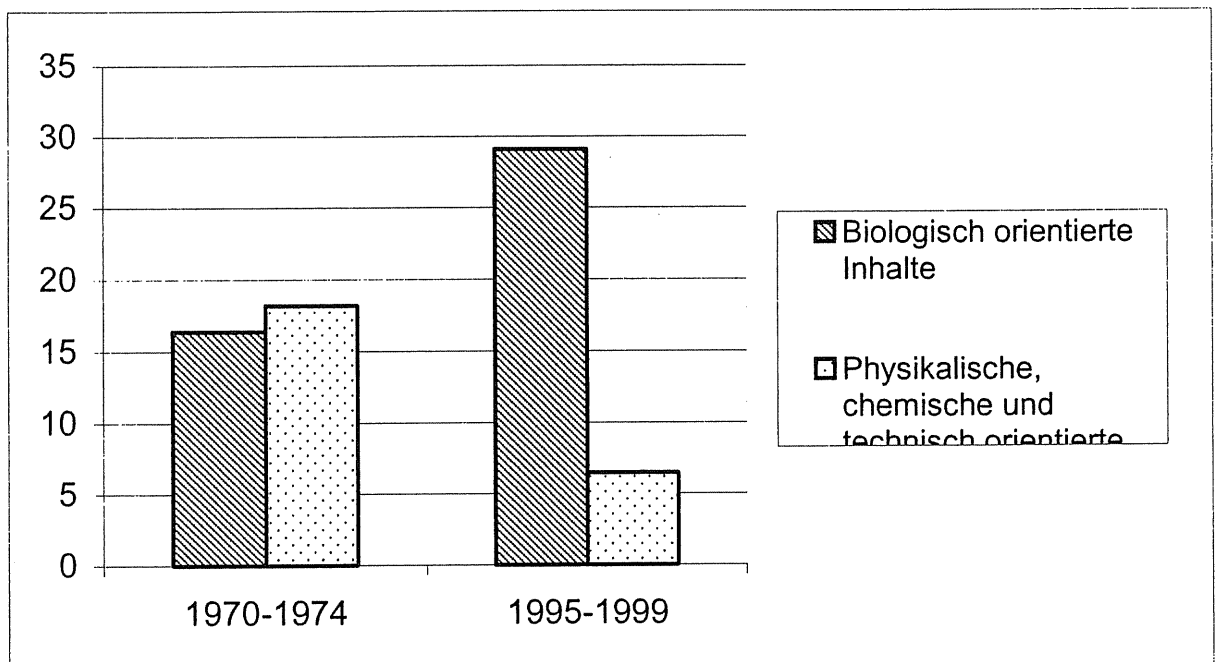
Die Dominanz erdkundlicher und biologischer Themen im Sachunterricht wird auch durch Klassenbuchanalysen von Strunck et al. (1998) und Breitschuh (1997) belegt. Während Erdkunde und Biologie mit über 50% den größten Anteil im Unterricht einnehmen, wobei die Lehrplanvorgaben weit überschritten werden, erreichen physikalische und technische Themen zusammen nicht einmal 10% der Themen, wobei die Lehrplanvorgaben unterschritten werden. In einigen der untersuchten Klassen wurde der Lehrplan schlicht ignoriert – der Anteil an Physik/Technik betrug hier 0%. Einsiedler resümiert, dass „Fachanteile des Sachunterrichts fast beliebig unterrichtet werden, ausschlaggebend sind anscheinend subjektive Interessen der jeweiligen Lehrkräfte. Die Streuungszahlen verweisen auf eine gewisse Konzeptionslosigkeit und auf ziemlich willkürliche Einstellungen gegenüber dem Sachunterricht“ (2002, 32).

Abb. 2: Häufigkeit fachlicher Themen in 16 deutschen Lehrplänen aus dem Jahre 1998 (3/4 Klasse) bei insgesamt 10 Themen*



* (nach Einsiedler 2002, 3; Die übrigen Themen verteilen sich auf die Bereiche Social Learning, Geography, Health Education, History, Economic Education.)

Abb. 3: Anteile der naturwissenschaftlich orientierten Inhaltsbereiche des Sachunterrichts am Gesamtanteil der Inhalte in deutschen Schulbüchern* (nach Blaseio 2002)



* (nach Blaseio 2002)

Als Fazit lässt sich festhalten, dass die Situation der naturwissenschaftlichen Grundbildung im Sachunterricht deutscher Grundschulen differenziert betrachtet werden muss. Alle Untersuchungsergebnisse weisen auf eine überproportionale Präsenz biologischer Themen hin, während Aspekte aus den Fächern Physik, Chemie und Technik deutlich unterrepräsentiert sind und zudem einer starken Streuung in Abhängigkeit von der unterrichtenden Lehrperson unterliegen.

3. Naturwissenschaftsleistungen an deutschen Grundschulen – erhoben in IGLU-E

Vor dem Hintergrund der Präferenz biologischer Themen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule sollen im Folgenden die vorgelegten ersten Ergebnisse aus der IGLU-E-Studie (Prenzel et al. 2003) reflektiert werden.

3.1 Welche Items liegen dem TIMSS-Ranking in IGLU-E zugrunde?

- Zum internationalen Vergleich der Naturwissenschaftsleistungen deutscher Grundschüler:

Dem internationalen Ranking der Naturwissenschaftsleistungen deutscher Grundschulen liegt ein Vergleich der IGLU-E-Ergebnisse mit der 1995 durchgeführten internationalen TIMSS-Grundschülerhebung zugrunde. Basis des Vergleichs sind 24 Items aus der damaligen TIMSS-Erhebung, die mit Unterstützung der österreichischen Arbeitsgruppe in deutscher Version verwendet werden konnten. Aus diesem Itempool stammen auch die zehn Ankeritems, die in jedem Testheft eingesetzt wurden. Die übrigen 25 Items des IGLU-E-Testes Naturwissenschaften stammen aus der Crosstel-Untersuchung (15 Items) und aus einer Untersuchung der Arbeitsgruppe von Einsiedler aus dem Jahre 1976 (10 Items) (Prenzel et al. 2003, 154). Während die Gesamtheit der IGLU-E-Items überwiegend (mit fast 60%) auf den Bereich Physik und Chemie entfällt (Prenzel et al. 2003, 154), befinden sich nach meiner Einschätzung unter den für das TIMSS-Ranking herangezogenen 24 Items lediglich vier physikalisch/chemische Items; das entspricht einem Prozentsatz von ca. 17% der zum Ranking herangezogenen Items. Der überwiegende Teil der Items stammt aus dem biologischen Bereich (ca. 80%).

Es sollte daher bei der Einschätzung der Ranking-Ergebnisse berücksichtigt werden, dass sich das Ranking überwiegend auf gemessene Kompetenzen im biologischen Bereich bezieht. Der sicherlich erfreuliche sechste Platz, den Deutschland unter Beachtung der von den Autoren genann-

ten Einschränkungen im internationalen Vergleich einnimmt, sollte deshalb vorsichtig interpretiert werden. Dasselbe gilt auch für die Interpretation der Kompetenzstufen, die im TIMSS-Ranking erreicht wurden; auch diese beziehen sich entsprechend nur zu einem äußerst geringen Anteil auf die harten Naturwissenschaften. Bedenkt man, dass in der deutschen Grundschule biologische Themen einen auffällig breiten Raum im Unterricht einnehmen, so erscheinen die im internationalen Vergleich relativ guten Leistungen deutscher Schüler weniger überraschend. Es überrascht auch nicht, dass den 24 TIMSS-Items als Ergebnis einer Expertenbefragung die größte explizite Lehrplanvalidität zugesprochen wurde (vgl. Prenzel et al. 2003, 161).

- **Ländervergleiche TIMSS/PISA:**

Vergleicht man den 6. Rang, den Deutschland im Grundschulranking eingenommen hat, mit den PISA-Ergebnissen (Prenzel et al. 2001), in denen Deutschland weit unter dem internationalen Durchschnitt lag, so liegt die Vermutung nahe, dass die deutschen Schüler nach relativ guten Leistungen am Ende der Grundschulzeit nach der Grundschule keine großen Fortschritte (in Relation zu anderen Ländern) mehr machen (Prenzel et al. 2003, 171). Da allerdings dem TIMSS-Grundschulranking überwiegend biologische Items zugrunde lagen, in der PISA-Studie biologische Items aber nur 35% einnahmen, physikalisch/chemische Items dagegen mit 40% vertreten waren (Prenzel et al. 2001, 202), sollte auch diese Vermutung relativiert werden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Rangplatzunterschiede im Ranking der Sekundarstufe und der Grundschule durch eine nicht vergleichbare Testbasis mitbeeinflusst werden.

- **Geschlechtsspezifische Differenzen:**

Auf dem Hintergrund der Dominanz biologischer Items im TIMSS-Itempool ist noch ein weiteres Ergebnis der Studie bemerkenswert: Auf der mit TIMSS verknüpften Skala erreichten die Jungen einen Mittelwert von 567, die Mädchen einen Mittelwert von 552 Punkten. Die Differenz macht auf erhebliche geschlechtsspezifische Unterschiede aufmerksam; diese zeigen sich auch bei der Zuordnung der Testleistungen zu Kompetenzstufen, da die Jungen in den höheren Kompetenzstufen, die Mädchen hingegen in den unteren überrepräsentiert sind (Prenzel et al. 2003, 175). Entgegen anderer Befunde, wonach sich die geschlechtsspezifischen Unterschiede verringern oder sogar aufheben, wenn biologische Kompetenz getestet wird (Prenzel et al. 2003, 175), zeigen sich beim TIMSS-Ranking der Leistungen deutscher Grundschüler deutliche Geschlechtsunterschiede, obwohl der Inhalt der TIMSS-Items überwiegend dem biologischen Bereich zuzuordnen ist. Es ist anzunehmen, dass die festgestellten

Geschlechterdifferenzen bei einer angemessenen Berücksichtigung der physikalischen und chemischen Bereiche noch deutlicher ausgefallen wären. Der Forderung der Autoren, dass der Sachunterricht eine besondere Herausforderung darin finden könnte, die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz an den Schülerinnen orientiert zu unterstützen, kommt deshalb große Bedeutung zu.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass diejenigen Ergebnisse der IGLU-E Studie zum naturwissenschaftlichen Verständnis, die sich auf den spezifischen TIMSS-Itempool beziehen – hierzu gehören Aussagen zum Ranking, zu erreichten Kompetenzstufen im internationalen Vergleich, zu Geschlechterdifferenzen wie auch Vergleichsaussagen zu entsprechenden Sekundarstufenmessungen – bei weiteren Auswertungen vor dem inhaltlichen Hintergrund der dem Ranking zugrundeliegenden Items diskutiert werden sollten. Entsprechend sollten Folgerungen, nach denen in Deutschland im Grundschulbereich keine Hinweise auf mehr oder weniger ausgeprägte Leistungsdefizite zu finden seien (Prenzel et al. 2003, 171), vor dem Hintergrund der Überrepräsentanz biologischer Items in dem der Vergleichsmessung zugrundeliegenden Itempool relativiert werden.

3.2 Wo erwerben Grundschulkinder in Deutschland naturwissenschaftliche Kompetenzen?

Die Autoren des IGLU-E Berichtes zum naturwissenschaftlichen Verständnis weisen ausdrücklich darauf hin, dass nur 36,4% der IGLU-E Items einen expliziten Lehrplanbezug aufweisen. Knapp unter 30% lag der Anteil der Items, für die ein Lehrplanbezug im Expertenrating explizit verneint wurde; bei den Crosstel Items, die sich überwiegend auf den physikalisch/chemischen Bereich bezogen, betrug der explizit verneinte Lehrplanbezug sogar nahezu 40%. Diese relativ geringe Lehrplanvalidität ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass im überwiegenden Teil der an der Studie beteiligten Länder in den Lehrplänen keine Inhalte, sondern lediglich grob umrissene Themenbereiche als verbindlich vorgegeben werden (Prenzel et al. 2003, 161).

Was also hat IGLU-E Naturwissenschaften gemessen? Die Autoren des Ergebnisberichts weisen nachdrücklich darauf hin, dass beträchtliche Teile des getesteten Wissens somit nicht Bestandteile der amtlichen Lehrpläne sind und die Frage offen bleibt, an welchen Orten die gemessene naturwissenschaftliche Kompetenz erworben wird (Prenzel et al. 2003, 180f.). Sie vermuten, dass ein erheblicher Teil der naturwissenschaftlichen Kompetenz außerhalb der Schule, in Elternhäusern, über die Medien oder im Spiel angeeignet wird (ebd., 182). Da die Autoren ebenfalls einen ausgeprägten Zusammenhang zwischen sozialer Herkunft und naturwissenschaftlicher Kompetenz

festgestellt haben, stellt sich für die Grundschule die Aufgabe, stärker als bisher kompensatorisch zu wirken. Dieses gilt insbesondere für die auf den unteren Kompetenzstufen überrepräsentierten Gruppen der Mädchen, der Migrantenkinder und der Kinder aus unteren Sozialschichten. Insgesamt schöpfe die Grundschule das vorhandene Potential zum naturwissenschaftlichem Lernen nicht genügend aus (Prenzel et al. 2003, 175, 176).

4. Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule: Welche Anforderungen werden an die Lehrkraft gestellt?

Die Ergebnisse der IGLU-E-Studie Naturwissenschaften verweisen auf die Bedeutung schulischen Lernens. Dieses gilt es zu fördern mit dem Ziel, naturwissenschaftliches Verständnis in allen naturwissenschaftlichen Bereichen aufzubauen – unabhängig von sozialen Schichten und von Vorerfahrungen der Kinder.

4.1 Bedingungen schulischen Lernens im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule

Die aus Piagets Theorie abgeleitete Vorstellung vom konkret-operational denkenden Grundschulkind hat die Auswahl schulischer Inhalte für die Grundschule bisher stark beeinflusst. Physikalisch-technische Inhalte wurden bisher, wenn überhaupt, häufig auf einer phänomenorientierten, handlungsnahen Ebene im Sachunterricht der Grundschule thematisiert, die Förderung anspruchsvoller kognitiver Konzepte wurde dagegen mit Verweis auf die noch begrenzten Denkfähigkeiten der Kinder vernachlässigt. In Bezug auf das naturwissenschaftliche Denken konnte aber inzwischen belegt werden, dass bereits Grundschulkind in inhaltsreichen Wissensdomänen zu kausalem und schlussfolgerndem Denken in der Lage sind und kohärente und gehaltvolle Theorien zu naturwissenschaftlichen Phänomenen entwickeln können (Bullock, Ziegler 1999; Schrempp, Sodian 1999; Sodian 1995; Stern 2002). Auch Untersuchungen, die didaktische Ansätze zum genetischen Lernen aufgreifen, zeigen, dass Grundschulkind – mit durchgängig hoher Motivation – bei angemessener Unterstützung bereits ein Verständnis aufbauen können, das im Vergleich zu ihrem intuitiven Wissen eine Weiterentwicklung in Richtung wissenschaftlicher Konzepte darstellt (Thiel 1990; Soostmeyer 1988; Möller 1991; Köhnlein 1999). Entsprechende Ergebnisse lieferte auch unsere im BIQUA-Schwerpunktprogramm angesiedelte Schulstudie: Wir konnten zeigen, dass Kinder, auch die extrem leistungsschwachen Kinder und die Gruppe der Mädchen, in einer anspruchsvollen physikalischen Do-

mäne, dem Bereich „Schwimmen und Sinken“, konzeptuelles Verständnis entwickeln, indem sie nicht belastbare Vorstellungen abbauen und wissenschaftsnahe Vorstellungen aufbauen (Möller et al. 2002). Eine frühe Förderung anspruchsvollen naturwissenschaftlichen Denkens scheint unter bestimmten Bedingungen daher möglich. Auch motivational stehen Grundschulkindern naturwissenschaftlichen Themen aufgeschlossen gegenüber, was sowohl die IGLU-E-Ergebnisse (Prenzel 2003, 177) wie auch Ergebnisse aus unserer Schulstudie (Blumberg et al. 2003) zeigen.

Konsensfähig ist heute ein problemorientierter und auf entdeckendes und handlungsintensives Lernen ausgerichteter naturwissenschaftlicher Sachunterricht (Köhnlein 1984; Thiel 1990; Soostmeyer 2002; Spreckelsen 1997; Möller 2001). Der Unterricht beschränkt sich nicht auf die Erarbeitung von Fachwissen; vielmehr sollen Schüler Phänomene ihrer Umwelt verstehen lernen, Interesse an Naturwissenschaften entwickeln, naturwissenschaftliche Verfahren und Denkweisen erlernen und das Wesen der Naturwissenschaften zumindest ansatzweise kennen lernen – Ziele, die mit dem Verständnis von scientific literacy vereinbar sind und über enge Fachgrenzen hinausweisen.

4.2 Anforderungen an die Lehrkraft in einem verständnisfördernden Unterricht

Voraussetzung für einen verständnisfördernden Unterricht scheint zu sein, dass der Unterricht die Vorerfahrungen der Schüler aufgreift und Möglichkeiten zum experimentellen Tun wie auch zum Umstrukturieren von Konzepten gibt. Ein solcher Unterricht geht von einem konstruktivistisch orientierten Lernverständnis aus und ist konzeptwechselfördernd angelegt (Dubs 1997; Duit 1999). Konzeptwechselfördernde Lernumgebungen auf der Basis konstruktivistischer Sichtweisen des Lernens sind von folgenden Merkmalen geprägt (Jonen et al. 2003):

- Ein Unterricht, der aktive Umstrukturierungsprozesse intendiert, sollte erfahrungsorientiert sein und die Vorerfahrungen, Vorkenntnisse und Erklärungen der Lernenden aufgreifen.
- Die Kinder müssen selbst explorierend mit Materialien umgehen und experimentieren.
- Zeiten und Räume für den intensiven Austausch und die Diskussion sollten das gemeinsame Aushandeln von Erklärungen ermöglichen und anregen.
- Materialien und Impulse sollten so gewählt sein, dass ggf. kognitive Konflikte erfahren werden können und dass entwickelte Erklärungen immer wieder in neuen Kontexten angewendet werden, die möglichst lebensweltnah sind.
- Die Schülerinnen und Schüler sollten immer wieder zum Begründen, Weiterdenken, Vergleichen, Anwenden und Zusammenfassen angeregt werden.
- Metakognitive Prozesse spielen eine wichtige Rolle und müssen gerade im Grundschulbereich gefördert werden.

- Ein hoher Grad der Selbststeuerung begünstigt motivationale Faktoren und ermöglicht individuelle, für die verschiedenen Vorerfahrungen angemessene Lernwege.

Nach diesen Merkmalen konstruierte Lehr-Lernumgebungen stellen hohe kognitive Anforderungen an die Lernenden. Forschungsbefunde haben gezeigt, dass eine zu große Komplexität von Lernsituationen wie auch ein zu großes Ausmaß an Selbststeuerung unter Umständen zu Problemen führen können (Weinert 1996; Stark et al. 1998; Möller et al. 2002). Deshalb wird in der Literatur eine Balance von Selbststeuerung und Komplexitätsreduktion durch Strukturierung gefordert (Friedrich, Mandl 1997). Auch Untersuchungen zur Unterrichtsqualität weisen auf einen optimalen Grad der Strukturierung als wichtiges Indiz für Unterrichtsqualität hin (Gruehn 1995). Der Grad der erforderlichen Strukturierung hängt dabei von den Lernvoraussetzungen der Schüler und dem zu lernenden Inhalt ab. Einsiedler (1996) und Lipowsky (2002) weisen besonders für den Grundschulbereich auf die Notwendigkeit von Strukturierungshilfen hin, da in stark selbstgesteuerten und wenig strukturierten Lernumgebungen häufig das Niveau der kognitiven Verarbeitung gering ist. Dies gilt insbesondere für Lernende mit geringem, wenig strukturiertem und intuitivem Vorwissen in Inhaltsbereichen, für die nur wenige Lernstrategien bereit stehen.

Welche Anforderungen stellt ein solcher schüler- und verständnisorientierter Unterricht in anspruchsvollen Inhaltsbereichen an die Lehrkraft? Einerseits soll die Lehrkraft durch einen schülerorientierten Unterricht Möglichkeiten für selbstgesteuerte, individuelle Lernwege eröffnen. Andererseits sind bei komplexen Themenbereichen, die Konzeptveränderungen erfordern, strukturierende Maßnahmen der Lehrkraft erforderlich, um die Elaboration von Wissen zu ermöglichen.

Die in der Literatur im Zusammenhang mit konstruktivistisch orientierten Lerntheorien häufig beschriebene Rolle des Lehrers als die eines Beraters und Begleiters von Lernprozessen, die durch eine schülerbezogene Grundhaltung, einen sozial-integrativen Führungsstil und durch didaktische Zurückhaltung gekennzeichnet ist (Reichen 1991), ist deshalb durch kognitiv aktivierende Lehrformen im Sinne eines Anregens, Perturbierens und Strukturierens zu erweitern. Dabei hat die Lehrkraft die Aufgabe, eine sachliche Analyse des Themas vorzunehmen, den Lernstand der Kinder im Hinblick auf ihre Alltagsvorstellungen, auf Interessen und Vorerfahrungen hin zu untersuchen, mögliche Zugänge für Kinder, mögliche Lernschwierigkeiten und Freiräume für selbständiges Lernen zu identifizieren, Aufgaben und Materialien, die den Aufbau konzeptuellen Wissens ermöglichen, auszuwählen und das Unterrichtsthema zu strukturieren. Neben der zeitlichen und räumlichen Organisation der Lehr-Lernprozesse kommt einer strukturierenden Gesprächsführung im Unterricht eine besondere Bedeutung zu (Möller et al. 2002): Die Lehrkraft fordert zum Mitteilen von Erfahrungen, Beobachtungen und Vermutun-

gen auf, lässt diese festhalten, fordert Begründungen ein, macht auf interessante Phänomene und abweichende Meinungen aufmerksam, hinterfragt Deutungen, gibt Impulse zur Überprüfung von Vermutungen, zur Klärung von Widersprüchen, zur Strukturierung, zur Verallgemeinerung und Integration des Wissens und schafft Gelegenheiten, das erworbene Wissen vor dem Hintergrund von Alltagsvorstellungen zu reflektieren und in vielfältigen Anwendungszusammenhängen zu testen.

Lehrkräfte benötigen also allgemeindidaktische und lernpsychologische Kenntnisse wie auch fachliche und fachdidaktische Kenntnisse in Bezug auf biologische, physikalische, chemische und technische Aspekte des Sachunterrichts und ihre interdisziplinären Verflechtungen, um einen verständnisfördernden und motivational aktivierenden Unterricht im naturwissenschaftlichen Bereich des Sachunterrichts gewährleisten zu können.

5. Fachspezifisch-pädagogisches Wissen, Interessen und selbstbezogene Kognitionen zum physikbezogenen Lehren und Lernen bei Grundschullehrkräften

Die oben genannten Anforderungen stehen im Kontrast zu den Kompetenzen, die Sachunterrichtslehrkräfte im Laufe ihrer Ausbildung erwerben. Ich berichte im Folgenden erste Ergebnisse einer Studie, in der wir fachspezifisch-pädagogisches Wissen, Interessen, selbstbezogene Kognitionen und Ausbildungseinschätzungen von Lehrkräften zum physikalischen Bereich des Sachunterrichts erhoben haben.¹ Wir konzentrierten uns exemplarisch auf den physikalischen Bereich, da wir in Voruntersuchungen erhebliche bereichsspezifische Unterschiede zwischen der Biologie und den sog. harten Naturwissenschaften festgestellt hatten.

5.1 Datenerhebung

In die Untersuchung waren 95 zufällig ausgewählte Schulen in den nordrhein-westfälischen Regierungsbezirken Detmold und Münster (insgesamt 964 Schulen) einbezogen. Den an diesen Schulen im Sachunterricht tätigen Lehrkräften wurden insgesamt 1203 Fragebögen zugesandt. Der Rücklauf betrug 21%; 237 Fragebögen konnten in die Auswertung einbezogen werden. Die Stichprobe kann bezüglich Alter und Geschlecht für NRW als repräsentativ angesehen werden.

¹ Die Untersuchung wurde im Rahmen eines vom Land NRW geförderten Projektes „Zum Einfluss von Lehrerausbildungskonzepten auf Lehrerkognitionen, Lehrerhandeln und Unterrichtserfolg im naturwissenschaftlichen Lernfeld der Grundschule“ durchgeführt.

Die Lehrkräfte wurden nach dem Grad ihrer Zustimmung auf einer fünfstufigen Intervallskala (mit den Antwortmöglichkeiten 0 = stimmt gar nicht, 1 = stimmt wenig, 2 = stimmt teils/teils, 3 = stimmt ziemlich und 4 = stimmt völlig) befragt. Die Skalen wurden in Anlehnung an bestehende Skalen, teilweise auch neu entwickelt, in zwei Vortestungen geprüft und optimiert. Mittelwerte, Streuungen und Reliabilitäten sind den Abbildungen 5 bis 7 zu entnehmen.

Erfragt wurden (in Klammern Skalenabkürzungen in Tab. 1):

zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen

- die Einschätzung der Lernfähigkeit von Grundschulern im physikalischen Bereich des Sachunterrichts (4 Items) (Lernfähigkeit von GS),
- die Einschätzung der Bedeutsamkeit eines physikbezogenen Sachunterrichts für Grundschüler (4 Items) (Bedeutsamkeit des pSu),
- die Einschätzung der Motivierbarkeit von Grundschulern für den physikbezogenen Sachunterricht (4 Items) (Motivierbarkeit von GS),

in Bezug auf Interesse

- das Interesse der Lehrkräfte am Unterrichten physikbezogenen Sachunterrichts (4 Items) (Interesse am Unterrichten) und
- das Interesse der Lehrkräfte am Schulfach Physik (4 Items) (Interesse am Schulfach),

in Bezug auf selbstbezogene Kognitionen der Lehrkräfte

- Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrkräfte im Hinblick auf das Unterrichten physikbezogenen Sachunterrichts (4 Items) (Selbstw.-erwartungen) und
- das Fähigkeitsselbstkonzept der Lehrkräfte in Bezug auf physikalische Inhalte (4 Items) (Fähigkeitsselbstkonzept).

Darüber hinaus ließen wir die Ausbildung für einen physikbezogenen Sachunterricht auf der Universität (4 Items) (Relevanz Ausb. Uni) und in der zweiten Phase der Lehrerausbildung (3 Items) (Relevanz Vorbereitungs-) einschätzen und fragten nach dem Grad des Kontakts mit physikalischen Inhalten in allen Ausbildungsstadien (Tab. 3).

5.2 Erste Ergebnisse

Erste Auswertungen erbrachten folgende Ergebnisse (vgl. Tab. 1):

Mit deutlichen Mittelwerten über dem Skalenmittelwert 2 (bei einem maximalen Wert von 4) sind die Grundschullehrkräfte überwiegend davon überzeugt,

- dass Grundschulkinder mit physikbezogenen Inhalten nicht überfordert sind (62,3% der Lehrkräfte urteilen mit Mittelwerten über 3)
- dass es wichtig ist, physikalische Themen im Sachunterricht aufzugreifen (56,8% der Lehrkräfte urteilen mit Mittelwerten über 3) und

- dass physikbezogene Themen durchaus interessant für Grundschul Kinder aufbereitet werden können (45,6% der Lehrkräfte urteilen mit Mittelwerten über 3)

Deutlich sinkende, aber noch über dem Skalenmittelwert liegende Mittelwerte zeigen sich bei den Skalen zur Einschätzung motivationaler und selbstbezogener Aspekte in Bezug auf das eigene Unterrichten physikbezogener Unterrichtsthemen.

- Mit einem Mittelwert von 2.78 noch durchaus positiv äußern sich die Lehrkräfte in Bezug auf das eigene Interesse am Unterrichten naturwissenschaftsbezogener Inhalte; allerdings antworten hier schon 27,1% der Lehrkräfte im Mittel mit den Aussagen „stimmt teils/teils“, „stimmt kaum“ und „stimmt gar nicht“.
- Noch deutlicher sinkt der Mittelwert bei der Einschätzung der Selbstwirksamkeit auf einen Wert von 2.48: Hier äußern sich bereits 39,0% der Lehrkräfte im unteren Bereich der Skala bis 2.0. Diese Personen zeigen kein positives Zustimmungsverhalten zur eigenen Kompetenz in Bezug auf das Unterrichten physikbezogener Themen im Sachunterricht.

Während die überwiegende Mehrheit der Lehrkräfte die Angemessenheit physikalischer Inhalte im Sachunterricht der Grundschule betont, erfolgt die Einschätzung des eigenen Interesses und der eigenen Selbstwirksamkeit am Unterrichten physikbezogener Themen im Sachunterricht also bereits zögerlicher.

Noch einmal deutlicher fällt die Ablehnung der Aussagen zum Fähigkeitsselbstkonzept im Bereich Physik und zum Interesse am Schulfach Physik aus:

- Nur noch 40,2% der Lehrkräfte schätzen die eigenen Fähigkeiten im Bereich Physik mit Werten über dem Skalenmittelpunkt 2.0 als positiv ein; der Mittelwert sinkt auf den Wert 1.91 unter den Skalenmittelpunkt.
- Das Interesse am Schulfach Physik ist mit einem Mittelwert von 1.62 wenig ausgeprägt; nur noch 30,4% der Lehrkräfte urteilen durchschnittlich über dem Skalenmittelpunkt.

Für die Einschätzung der fachlichen fachspezifisch-pädagogischen Kompetenz der Lehrkräfte ist es bedeutsam, dass in unserer Befragung ca. 44% der befragten Lehrkräfte angeben, in der Oberstufe keinerlei Physikunterricht gehabt zu haben (vgl. Tab. 2), und zudem ein sehr großer Teil der Befragten die Aussage – im Studium (82,6%), in der zweiten Ausbildungsphase (70,6%) und in der Lehrerfortbildung (83,1%) – mit physikalischen Inhalten in Berührung gekommen zu sein, mit „stimmt gar nicht“ bzw. „stimmt wenig“ beantwortet; 49,8% der Lehrkräfte geben sogar an, physikalische Inhalte im Studium gemieden zu haben (vgl. Tab. 3).

Dieses Vermeidungsverhalten zeigt sich auch in der Lehrerfortbildung, wobei allerdings 38,2% der Lehrkräfte angeben, keine Möglichkeit gehabt zu haben, physikbezogene Inhalte zu wählen.

Tab. 1: Relative Häufigkeit der Skalenmittelwerte verschiedener Skalen in %

Skalen-MW (in %)	0- 0,5	0,6- 1,0	1,1- 1,5	1,6- 2,0	2,1- 2,5	2,6- 3,0	3,1- 3,5	3,6- 4,0
Lernfähigkeit von GS	0,0	0,0	0,0	1,7	10,2	25,8	27,1	35,2
Bedeutsam- keit des pSU	0,0	0,4	0,8	4,7	8,9	28,4	19,5	37,3
Motivierbar- keit von GS	0,4	0,0	1,6	3,0	15,8	33,6	20,9	24,7
Interesse am Unterrichten	0,9	4,3	6,4	15,5	14,2	19,3	19,7	19,7
Selbstw.- erwartungen	1,3	5,9	8,9	22,9	14,8	21,6	12,7	11,9
Fähigkeits- selbstkonzept	5,1	13,6	23,7	17,4	18,6	14,4	5,1	2,1
Interesse am Schulfach	24,2	16,1	14,9	14,4	7,6	8,1	6,7	8,0
Relevanz Ausb. Uni	63,45	13,45	6,7	6,3	4,3	2,4	0,0	3,4
Relevanz Vorb.-dienst	46,1	17,2	3,4	14,2	2,4	8,8	1,5	6,4
	M		SD		α		N	
Lernfähigkeit von GS	3.32		0.55		.68		236	
Bedeutsam- keit des pSU	3.25		0.65		.83		236	
Motivierbar- keit von GS	3.10		0.63		.78		235	
Interesse am Unterrichten	2.78		0.90		.91		233	
Selbstw.- erwartungen	2.48		0.89		.91		236	
Fähigkeits- selbstkonzept	1.91		0.83		.86		236	
Interesse am Schulfach	1.62		1.19		.92		236	
Relevanz Ausb. Uni	0.69		0.99		.94		207	
Relevanz Vorb.-dienst	1.08		1.24		.96		203	

pSU = physikbezogener Sachunterricht; GS = Grundschüler
0 = keine Zustimmung, 4 = hohe Zustimmung

Tab.2: Physikausbildung in der Oberstufe

keine Physik	Grundkurs	Leistungskurs	keine Angaben	gesamt
104	84	11*	38	N = 237
44,0%	35,4%	4,6%	16,0%	100%

* davon 6 auch GK

Tab. 3: Kontakt mit physikalischen Inhalten (in %)

	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	M	SD	N
im Studium	58,3	24,3	8,5	5,5	3,4	0,71	1,06	235
im Vorbereit.-dienst	47,6	23,0	20,3	6,9	2,2	0,93	1,07	231
auf Fortbildungen	58,6	24,5	13,4	2,2	1,3	0,63	0,89	232
Kontakt im Studium gemieden	23,7	14,5	11,6	19,3	30,9	2,19	1,58	207
Physik. Themen i. d. Fortbild. gemieden	7,4	6,9	10,6	16,1	20,7	2,58	1,37	217

(0) stimmt gar nicht, (1) stimmt wenig, (2) stimmt teils-teils; (3) stimmt ziemlich, (4) stimmt völlig
 *Die restlichen Lehrkräfte (38,3%) hatten keine Möglichkeit, physikbezogene Inhalte zu wählen.

In der Einschätzung der Relevanz ihrer Ausbildung bzgl. des physikbezogenen Sachunterrichts an der Universität bzw. im Vorbereitungsdienst urteilen die Lehrkräfte deutlich negativ: Die (mittleren) Skalenmittelwerte für das Studium liegen bei 0.69, die für den Vorbereitungsdienst bei 1.10 (vgl. Tab. 1).

5.3 Diskussion der Ergebnisse

Nach den Ergebnissen unserer Studie scheinen Grundschullehrkräfte davon überzeugt zu sein, dass naturwissenschaftliches Lernen einen hohen Stellenwert in der Grundschule hat und dass Grundschulkinder in der Lage und bereit sind, sich mit entsprechenden Themen im Sachunterricht auseinander zu setzen. Das eigene Verhältnis zur Physik, insbesondere zum Schulfach Physik, ist allerdings bei der Mehrzahl der Lehrkräfte problematisch. Der Anteil der Lehrkräfte, der in den Ausbildungs- bzw. Fortbildungsphasen keine oder kaum Physikkontakte gehabt hat, ist erschreckend hoch. Ein großer Teil der Befragten gibt an, physikbezogene Veranstaltungen explizit gemieden zu haben. Mögliche Ursachen hierfür könnten das geringe Fähigkeitsselbstkonzept im Bereich Physik und das geringe Interesse am Schulfach Physik sein. Entsprechend schätzen fast 40% der Lehrkräfte ihre Kompetenzen für das Unterrichten physikbezogener Themen als deutlich ungenügend ein; nur 30% der Lehrkräfte äußern sich in Bezug auf das Interesse am Schulfach Physik positiv. Der IGLU-E-Befund, nach der die eigene Schulerfahrung mit den Naturwissenschaften eher positiv zu sein scheint (Prenzel et al.

2003, 180), stimmt mit unseren Ergebnissen für den Bereich Physik nicht überein.

Zwar haben wir uns in unserer Lehreruntersuchung exemplarisch auf den Bereich der Physik bezogen; frühere Untersuchungen zum technischen Bereich des Sachunterrichts aus den 90er Jahren weisen aber denselben Trend auf (Möller, Ziemann, Tenberge 1996). Wir vermuten, dass für das chemische Themenfeld Ähnliches gilt. Die Ergebnisse einer entsprechenden Studierendenbefragung liegen zur Zeit noch nicht vor; allerdings wird an vielen Ausbildungsorten beobachtet, dass ein großer Teil der Studierenden nach Möglichkeit die harten Naturwissenschaften und die Technik meidet. Häufig wird der gesellschaftliche Lernbereich bevorzugt gewählt; im naturwissenschaftlichen Lernbereich scheint Biologie das beliebteste Leitfach zu sein. In ähnlicher Weise berichtet Landwehr (2002) von einer Distanz von Studierenden im Hinblick auf Themen aus dem physikalischen Bereich.

Entgegen entsprechender Hoffnungen scheinen die zweite Phase und die dritte Phase der Lehrerbildung die Distanz zu bestimmten naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen kaum aufbrechen zu können. Das zeigt sich darin, dass (fast) die Hälfte der Lehrkräfte angibt, in der Hochschulausbildung physikalische Inhalte explizit gemieden zu haben. Bedenklich ist zudem, dass mehr als ein Drittel der Lehrkräfte angibt, keine Möglichkeit gehabt zu haben, eine Fortbildung mit physikbezogenem Thema zu besuchen (vgl. Abb. 6).

6. Folgerungen für die Lehrerbildung im naturwissenschaftlichen Bereich des Sachunterrichts

Neuere bildungspolitische, entwicklungspsychologische und fachdidaktische Entwicklungen haben inzwischen weltweit zu einer Wiederbelebung der Forderung geführt, naturwissenschaftliche Inhalte im Unterricht der Grundschule zu implementieren. Der Begriff „Naturwissenschaften“ bezieht sich neben methoden- und wissenschaftstheoretischen Aspekten auf einen breiten inhaltlichen Bereich, der neben biologischen auch physikalische, chemische, geowissenschaftliche und technische Aspekte umfasst. Naturwissenschaftliche Aspekte der belebten und der unbelebten Natur gehören zu den von der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) im Perspektivrahmen formulierten Bildungsstandards für den Sachunterricht.

Die derzeitige Situation im naturwissenschaftlichen Sachunterricht ist allerdings durch eine hohe Beliebigkeit und durch ein Übergewicht biologischer Inhalte gekennzeichnet. Die wenigen vorhandenen Untersuchungen zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht legen die Vermutung nahe, dass ein anspruchsvoller, verständnisorientierter naturwissenschaftlicher Sachunterricht, der sich sowohl auf die belebte wie auch auf die unbelebte Natur richtet, vermutlich nicht allzu weit verbreitet ist.

Was folgt für die Grundschullehrerbildung im Bereich der Naturwissenschaften? Das erforderliche professionelle Wissen und die in der Lehrerbildung bisher vermittelten Kompetenzen scheinen weit auseinander zu klaffen. Auch der Vorbereitungsdienst und die Lehrerfortbildung sind hier einbezogen. Grundschullehrkräfte fühlen sich für das Unterrichten von Themen, die über den biologischen Bereich hinausgehen, häufig nicht ausreichend qualifiziert. Ihr eigenes Fähigkeitsselbstbild im Hinblick auf Kompetenzen außerhalb der Biologie scheint häufig negativ zu sein.

Ansatzpunkte für eine professionsbezogene Kompetenzentwicklung in der Lehreraus- und Fortbildung könnten das Interesse der Grundschullehrkräfte am Unterrichten physikbezogener Themen und das Überzeugt-Sein der Lehrkräfte von der Wichtigkeit physikbezogenen Lernens sein. Veranstaltungen in der Aus- und Fortbildung, die sich nicht auf das Erlernen physikalischer Inhalte beschränken, sondern darüber hinaus das Erlernen physikbezogenen Unterrichtens zum Gegenstand haben, scheinen hier vielversprechend zu sein. Fachwissenschaftliche Inhalte sind zwar unverzichtbar, sollten aber in Zusammenhänge des Lehrens und Lernens eingebettet sein. Veranstaltungen, die sich an Phänomenen bzw. an Problemen orientieren und die Interessen und Vorkenntnisse der Teilnehmer berücksichtigen, könnten vielleicht in der Lage sein, Interesse an physikbezogenen Themen zu wecken und über Kompetenzerlebnisse zu einem positiveren Fähigkeitsselbstbild im Hinblick auf das Verstehen physikalischer Inhalte beizutragen. Eine voneinander isolierte, nach fachwissenschaftlicher und didaktischer Ausbildung getrennte Struktur, wie sie in konsekutiven Studienmodellen vorgeschlagen wird, ist in diesem Problemfeld wenig hilfreich.

Welche Ausbildungs- und Fortbildungsmodule zu handlungswirksamen Veränderungen des fachspezifisch-pädagogischen Wissens führen und in welchem Zusammenhang Aus- und Fortbildungsmodule mit Unterrichtsqualität stehen, sollte in Forschungsvorhaben untersucht werden. Schließlich muss es gelingen, mit der geringen zur Verfügung stehenden Zeit für Aus- und Fortbildungen bei konkurrierenden Bedarfen möglichst effektiv umzugehen. Die Professionalisierung von Lehrkräften für den naturwissenschaftlichen Bereich der Grundschule ist sicherlich nur eine Aufgabe unter vielen anderen im Bereich der Lehrerbildung. Sollte es uns aber nicht gelingen, auf die künftigen oder bereits praktizierenden Lehrkräfte zugeschnittene, kompetenzorientierte Angebote für die Lehreraus- und für die Lehrerfortbildung zu entwickeln und zu implementieren, so dürfte die erneute Hinwendung zu anspruchsvolleren Lerninhalten im naturwissenschaftlichen Bereich der Grundschule schon bald als ein weiterer gescheiterter Bildungsreformversuch deklariert werden.

Literatur

- Blaseio, B. (2002): Inhaltsstruktur und Tendenzen der Inhalte im Sachunterricht. Eine empirische Bestandsaufnahme der Inhalte des Sachunterrichts in den 70er, 80er und 90er Jahren anhand von Unterrichtslehrwerken. In: K. Spreckelsen, K. Möller, A. Hartinger (Hrsg.): Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht, Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 5. Bad Heilbrunn, 205-222.
- Blumberg, E./Möller, K./Jonen, A./Hardy, I. (2003): Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule. In: D. Cech, H.-J. Schwier (Hrsg.): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn, 77-92.
- Breitschuh, G. (1997): Inhalte des Sachunterrichts im 4. Schuljahr. Vortrag auf der GDSU-Tagung 1997 in Kiel.
- Bullock, M./Ziegler, A. (1999): Scientific reasoning. Developmental changes and individual differences. In: F.E. Weinert, W. Schneider (Hrsg.): Individual development between three and twelve. Findings from a longitudinal study. Cambridge.
- Council of Ministers of Education (1997): Common framework of science learning outcomes. Canada.
- Deutscher Bildungsrat (1972): Empfehlungen der Bildungskommission. Strukturplan für das Bildungswesen. Stuttgart.
- Dubs, R. (1997): Der Konstruktivismus im Unterricht. In: Schweizer Schule, 84. Jg., 26-36.
- Duit, R. (1999): Conceptual change approaches in science education. In: W. Schnotz, S. Vosniadou, M. Carretero (Hrsg.): New Perspectives on conceptual change. Amsterdam, New York, Oxford, 263-282.
- Einsiedler, W. (1996): Wissensstrukturierung im Unterricht. Neuere Forschung zur Wissensrepräsentation und ihre Anwendung in der Didaktik. In: Z.f.Päd., 42. Jg., 167-192.
- Einsiedler, W. (1998): The Curricula of Elementary Science Education in Germany. Erlangen-Nürnberg.
- Einsiedler, W. (2002): Empirische Forschung zum Sachunterricht. Ein Überblick. In: K. Spreckelsen, K. Möller, A. Hartinger (Hrsg.): Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht, Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 5. Bad Heilbrunn, 17-38.
- Friedrich, H.F./Mandl, H. (1997): Analyse und Förderung selbstgesteuerten Lernens. In: F.E. Weinert, H. Mandl (Hrsg.): Psychologie der Erwachsenenbildung (= Enzyklopädie der Psychologie, Bd. 4). Göttingen, 237-293.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (Hrsg.) (2002): Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn.
- Gruehn, S. (1995): Vereinbarkeit kognitiver und nicht-kognitiver Ziele im Unterricht. In: Z.f.Päd., 41. Jg., 531-553.
- Jonen, A./Möller, K./Hardy, I. (2003): Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In: D. Cech, H.-J. Schwier (Hrsg.): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn, 93-108.

- Köhnlein, W. (1984): Zur Konzipierung eines genetischen, naturwissenschaftlich bezogenen Sachunterrichts. In: H.F. Bauer, W. Köhnlein (Hrsg.): Problemfeld Natur und Technik. Bad Heilbrunn, 193-215.
- Köhnlein, W. (1999): Vielperspektivität und Ansatzpunkte naturwissenschaftlichen Denkens. Analyse von Unterrichtsbeispielen unter dem Gesichtspunkt des Verstehens. In: W. Köhnlein, B. Marquardt-Mau, H. Schreier (Hrsg.): Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht, Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 3. Bad Heilbrunn, 88-124.
- Landwehr, B. (2002): Die Distanz von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen. Berlin.
- Lauterbach, R. (1992): Naturwissenschaftlich orientierte Grundbildung im Sachunterricht. In: K. Riquarts et al. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland, Bd. 3, Didaktik. Kiel, 191-256.
- Lipowsky, F. (2002): Zur Qualität offener Lernsituationen im Spiegel empirischer Forschung – Auf die Mikroebene kommt es an. In: U. Drews, W. Wallrabenstein (Hrsg.): Freiarbeit in der Grundschule. Offener Unterricht in Theorie, Forschung und Praxis. Frankfurt/M., 126-159.
- Möller, K. (2001): Lernen im Vorfeld der Naturwissenschaften – Zielsetzungen und Forschungsergebnisse. In: W. Köhnlein, H. Schreier (Hrsg.): Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen, Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 4. Bad Heilbrunn, 275-298.
- Möller, K./Tenberge, C./Ziemann, U. (1996): Technische Bildung im Sachunterricht. Eine quantitative Studie zur Situation an nordrhein-westfälischen Grundschulen, Veröffentlichungen der Abteilung Didaktik des Sachunterrichts/Institut für Forschung und Lehre für die Primarstufe, Bd. 2. Münster.
- Möller, K./Jonen, A./Hardy, I./Stern, E. (2002): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: M. Prenzel, J. Doll (Hrsg.): Bildungsqualität von Schule: Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. 45. Beiheft der Z.f.Päd. Weinheim, Basel, 176-191.
- National Research Council (1996): National science education standards. Washington DC.
- Prenzel, M./Rost, J./Senkbeil, M./Häußler, P./Klopp, A. (2001): Naturwissenschaftliche Grundbildung. Testkonzeption und Ergebnisse. In: J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stanat, K. Tillmann, M. Weiß (Hrsg.): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen, 191-248.
- Prenzel, M./Geiser, H./Langeheine, R./Lobemeier, K. (2003): Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In: W. Bos, E. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, G. Walther, R. Valtin (Hrsg.): Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Münster, New York, München, Berlin, 143-187.
- Reichen, J. (1991): Sachunterricht und Sachbegegnung. Zürich.
- Roth, H. (Hrsg.) (1970): Begabung und Lernen. Ergebnisse und Folgerungen neuerer Forschung, Deutscher Bildungsrat. Gutachten und Studien der Bildungskommission, Bd. 4. Stuttgart.
- Schrempp, I./Sodian, B. (1999): Wissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Fähigkeit zur Hypothesenprüfung und Evidenzevaluation im Kontext der Attribu-

- tion von Leistungsergebnissen. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 31. Jg., 67-77.
- Sodian, B. (1995): Entwicklung bereichsspezifischen Wissens. In: R. Oerter, L. Montada (Hrsg.): Entwicklungspsychologie. Weinheim, 622-653.
- Soostmeyer, M. (1988): Zur Sache Sachunterricht, Bd. 14. Frankfurt/M., Berlin, Bern, New York, Paris, Wien.
- Soostmeyer, M. (2002): Genetischer Sachunterricht. Unterrichtsbeispiele und Unterrichtsanalysen zum naturwissenschaftlichen Denken bei Kindern in konstruktivistischer Sicht. Baltmannsweiler.
- Spreckelsen, K. (1997): Phänomenkreise als Verstehenshilfe. In: W. Köhnlein, B. Marquardt-Mau, H. Schreier (Hrsg.) (1999): Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht. Bad Heilbrunn, 111-127.
- Stern, E./Möller, K./Hardy, I./Jonen, A. (2002): Warum schwimmt ein Baumstamm? Kinder im Grundschulalter sind durchaus in der Lage, physikalische Konzepte wie Dichte und Auftrieb zu begreifen. In: Physik Journal, 1. Jg., 63-67.
- Stern, E./Möller, K. (in Druck): Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichtes. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften.
- Stark, R./Gruber, H./Mandl, H. (1998): Motivationale und kognitive Passungsprobleme beim komplexen situierten Lernen. In: Psychologie in Erziehung und Unterricht, 45. Jg., 202-215.
- Strunck, U. (1999): Die Behandlung von Phänomenen aus der unbelebten Natur im Sachunterricht. Die Perspektive der Förderung des Erwerbs von kognitiven und konzeptuellen Fähigkeiten. Bad Iburg.
- Strunck, U./Lück, G./Demuth, R. (1998): Der naturwissenschaftliche Sachunterricht in Lehrplänen, Unterrichtsmaterialien und Schulpraxis - eine quantitative Analyse der Entwicklung in den letzten 25 Jahren. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. Biologie, Chemie, Physik, 4. Jg., 69-81.
- Thiel, S. (1990): Grundschulkindern zwischen Umgangserfahrung und Naturwissenschaft. In: M. Wagenschein (Hrsg.): Kinder auf dem Wege zur Physik. (Neuaufgabe). Weinheim, Basel, 90-180.
- Weinert, F.E. (1996): Für und Wider die „neuen Lerntheorien“ als Grundlagen pädagogisch-psychologischer Forschung. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 10. Jg., 1-12.