

Möller, Kornelia

„Primary Science“ – ein internationaler Überblick

In diesem Beitrag soll ein internationaler Überblick über Lehrpläne, Curricula, theoretische Ansätze und empirische Befunde aus dem Bereich „Primary Science“ gegeben werden. Ein Schwerpunkt liegt auf der Situation in Deutschland, England und den USA.

International ist der Primarbereich unterschiedlichen Alters- bzw. Schulstufen zugeordnet: In Deutschland umfasst die Grundschule in der überwiegenden Zahl der Bundesländer die ersten vier Schuljahre. In der Schweiz gibt es, wie in Berlin und Brandenburg, eine sechsjährige Grundschule. Sechsjährig ist auch die „Primary School“ in England; sie beginnt allerdings bereits für die fünfjährigen Kinder mit dem ersten Schuljahr. In den USA ist der Grundschule, die als „Elementary School“ bezeichnet wird, ein Vorschuljahr für fünfjährige Kinder vorgeordnet. Die „Elementary School“ umfasst vier, fünf oder sechs Schuljahre, je nach Schulbezirk. In vielen Entwicklungsländern erstreckt sich die „Primary School“ von Klasse 1 bis Klasse 7 oder sogar bis Klasse 8.

„Science“ im Primarbereich

Die Forderung, bereits im Primarbereich mit einem naturwissenschaftlichen Unterricht zu beginnen, hat sich inzwischen weltweit etabliert, nicht nur in den Industrieländern, sondern auch in den Entwicklungsländern. Entsprechend sind in den meisten Ländern die Bereiche „Science“ bzw. „Science and Technology“ explizit oder zumindest implizit in den Lehrplänen der „Primary“ bzw. „Elementary Schools“ enthalten. Unterscheiden lassen sich zwei Modelle: eine Fachlösung, die in einigen europäischen Ländern (Abb. 1) und Ländern mit angloamerikanischem Einfluss zu beobachten ist (Abb. 2) und eine integrative Lösung, in der verschiedene Sachbereiche, wie z.B. Geschichte, Geographie, Naturwissenschaften in einem Schulfach zusammengefasst werden. Diese Lösung ist vor allem in Europa verbreitet (vgl. Abb. 3). Zu beachten ist, dass sich die Fachlösung nicht in die einzelnen naturwissenschaftlichen Fächer (Biologie, Chemie, Physik, Geowissenschaften) aufgliedert, sondern sich in den meisten Ländern auf den Gesamtbereich „Science“ bezieht, womit der Bereich der Naturwissenschaften umrissen wird. In manchen Ländern wird der Bereich „Science“ zudem mit „Technology“ verknüpft; entsprechend wird das Schulfach als „Science and Technology“ bezeichnet, z.B. im recht bekannt gewordenen „Ontario Curriculum“ aus dem Jahr 1998 in Kanada. In vielen Ländern wird auch der Bereich „Health Education“ einbezogen.

Länder	Fachbezeichnungen Deutsche Übertragung	Dauer
Dänemark	Natur/ Technik	6 Jahre
England	Naturwissenschaften	6 Jahre
Estland	Naturwissenschaften	6 Jahre
Finnland	Natur- und Umweltfach	4 Jahre
Italien	Naturwissenschaften	5 Jahre
Lettland	Grundlagen der Naturwissenschaften	4 Jahre
Malta	Naturwissenschaften	6 Jahre
Schweden	Naturwissenschaften	9 Jahre

Abb. 1: EU-Länder mit einem gesonderten Fach Naturwissenschaft (in Anlehnung an Blaseio, im Druck)

Länder	Fachbezeichnung	Dauer
Australien (Queensland)	Science	11 Jahre (Year 1-10)
Kanada (Ontario)	Science and Technology	9 Jahre (Grade 1-8)
Singapur	Science	4 Jahre (Primary 3-6)
Südafrika	Science	10 Jahre (R-9)
USA	Science	5 Jahre (K-4)

Abb. 2: Einige weitere Länder mit einem gesonderten Fach Naturwissenschaft (Beispiele)

Länder	Fachbezeichnung Deutsche Übertragung	Dauer
Belgien (niederl.)	Weltorientierung	6 Jahre
Belgien (franz.)	Start in die Naturwissenschaften, in die Geschichte und in die Geographie	3 Jahre
Deutschland	Sachunterricht	4 Jahre
Frankreich	Entdeckungen der Welt	2 Jahre
Griechenland	Umweltstudien	4 Jahre
Irland (Republik)	Sozial-, Umwelt- und Naturwissenschaftliche Erziehung	6 Jahre
Litauen	Wahrnehmung und Verstehen der Welt	4 Jahre
Luxemburg	Start in die Naturwissenschaften, in die Geschichte und Geographie	4 Jahre
Niederlande	Orientierung ich und die Welt	6 Jahre
Österreich	Sachunterricht	4 Jahre
Portugal	Umweltstudien	4 Jahre
Slowakische Rep.	Grundlegendes Sachlernen	2 Jahre
Slowenien	Natur- und Gesellschaftswissenschaften	3 Jahre
Spanien	Kenntnisse der natürlichen, sozialen und kulturellen Umwelt	6 Jahre
Schottland	Umweltstudien	6 Jahre
Tschechische Rep.	Grundlegendes Sachlernen	2 Jahre
Ungarn	Start in die Naturwissenschaften, in die Geschichte und in die Geographie	4 Jahre
Zypern	Heimatkunde	2 Jahre

Abb. 3: EU-Länder, in denen die naturwissenschaftlichen Themen in ein Schulfach integriert sind (in Anlehnung an Blaseio, im Druck)

Naturwissenschaften in der Grundschule – eine neue Initiative?

Die heute in den meisten Ländern unbestrittene Einbeziehung naturwissenschaftlicher Inhalte in den Primarbereich ist keine neue Entwicklung. Bereits in den sechziger und siebziger Jahren gab es eine erste Implementierungswelle naturwissenschaftlicher Curricula im Primarbereich. Angestoßen durch den sogenannten Sputnikschock und unterstützt durch neuere lernpsychologische Theorien, wie die von Jerome Bruner, wurden zunächst in den USA Curricula für den Bereich Naturwissenschaften in der „Elementary School“ entwickelt. Eines der bekanntesten Curricula „Science Curriculum Improvement Study“ (SCIS), verfasst von Robert Karplus aus Berkeley, wurde bereits im Jahr 1959 begonnen und von der National Science Foundation gefördert (Karplus und Thier 1969). Dieses Curriculum war spiralförmig angelegt für den Kindergarten bis zur Klasse 8 und richtete sich auf den Aufbau der Basiskonzepte „Wechselwirkung“, „Aufbau der Materie“ und „Erhaltung“. Es bezog sich auf physikalische und chemische Aspekte und umfasste die Angabe von Zielen, Inhalten, Methoden und Medien sowie Formen der Lernzielkontrolle und Maßnahmen zur Lehrerfortbildung. Die American Association for the Advancement of Science antwortete 1962 auf den

sog. Sputnikschock mit der Entwicklung des Curriculums S-APA (Science – A Process Approach; 1963-1986), einem verfahrensorientierten Curriculum, das auf Gagne's Lerntheorie basierte und ein hierarchisch aufgebautes Curriculum zum Erlernen des Experimentierens vom Kindergarten bis zur sechsten Klasse anbot.

Während die amerikanischen Programme durch eine strikte Lernzielorientierung gekennzeichnet waren, war das ebenfalls in den sechziger Jahren entwickelte, von der Nuffield Foundation unterstützte, erstmals 1967 publizierte englische Curriculum „Nuffield Junior Science Project“ durch eine radikale „Offenheit“ geprägt. Ziel war nicht das Erreichen festgelegter Ziele, sondern das Gewinnen von Erfahrungen durch den Umgang mit Materialien, das Erlernen wissenschaftlicher Verfahrensweisen und das Entwickeln eigener Interessen. Ein Nachfolgeprojekt „Science 5-13“, entwickelt u.a. von Wynne Harlen und konzipiert für 5- bis 13-Jährige, vermittelte zwischen dem Erlernen von Inhalten und Verfahren. Es wurde seit 1972 publiziert. Bis 1976 wurden insgesamt 26 Bände vorgelegt. „Hands-on“-Erfahrungen mit Alltagsmaterialien bildeten wie schon im „Nuffield Junior Science Project“ die Basis der Lernprozesse (vgl. Schwedes 2001).

In Deutschland begann das Interesse an naturwissenschaftlicher Bildung in der Grundschule, leicht verzögert, Mitte bis Ende der sechziger Jahre. Exemplarische Themen für einen anspruchsvollen physikbezogenen Unterricht – veröffentlicht z.B. von Karnick (1968) – machten auf ein bisher im Heimatkundeunterricht ungenutztes Denkpotehtial in der Grundschule aufmerksam. Doch erst der vom Deutschen Bildungsrat 1970 veröffentlichte Strukturplan forderte unter dem Leitgedanken einer „wissenschaftlichen Orientierung“ ein anspruchsvolles Lernen bereits in der Grundschule, den Einbezug naturwissenschaftlicher Inhalte in das neue Fach Sachunterricht, entdeckende Lernverfahren und eine veränderte Lehrerrolle, die sich vom Wissensvermittler zum Erfinder und Planer von Lernsituationen wandeln sollte. Außerdem wies der Strukturplan auf die bereits weiter fortgeschrittene Curriculumentwicklung in den USA hin und empfahl, diese Entwicklungen für Deutschland nutzbar zu machen (Deutscher Bildungsrat, 1972, S. 132-140). Die Argumentation für einen anspruchsvolleren Sachunterricht stützte sich auf den von Heinrich Roth herausgegebenen Band „Begabung und Lernen“ (1969).

Sehr schnell griffen deutsche Wissenschaftler die Forderung nach einem frühen naturwissenschaftlichen Lernen auf. Eine Arbeitsgruppe um Tütken und Spreckelsen knüpfte an die in den USA entwickelten Ansätze an (Spreckelsen und Tütken 1970) und entwickelte auf Anregung der vom Arbeitskreis Grundschule 1969 veranstalteten Göttinger Arbeitstagung „Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich“ in Anlehnung an den Lehrgang SCIS aus den USA insgesamt 94 Lektionen zu den von Karplus herausgearbeiteten Basiskonzepten für die Schuljahre 1 bis 4 (Spreckelsen 1971 ff.). Die entworfenen Lektionen wurden mit insgesamt 85 Lehrkräften erprobt und evaluiert (vgl. Spreckelsen 2001). Parallel zu dieser Arbeitsgruppe adaptierte die von Tütken geleitete Arbeitsgruppe für Unterrichtsforschung der Universität Göttingen das amerikanische „Science – A Process Approach“-Curriculum der AAAS für das erste Schuljahr (Arbeitsgruppe für Unterrichtsforschung 1971). Auch dieses Curriculum wurde vor seiner Veröffentlichung gründlich erprobt und auf seine Wirkung hin überprüft.

Was ist aus diesen ersten Initiativen zur Förderung einer frühen naturwissenschaftlichen Bildung in Deutschland geworden? Schon wenige Jahre nach Veröffentlichung der neuen Curricula wurden diese wegen der Vernachlässigung kindlicher Denkweisen, wegen kognitiver Überforderung der Kinder und wegen einer unzureichenden Berücksichtigung kindlicher Interessen heftig kritisiert. „Grundschulkindern lernen nicht, die naturwissenschaftlichen

Fachbegriffe zu verstehen, sondern bestenfalls Wörter, die für sie stehen, assoziativ und grammatikalisch korrekt zu gebrauchen“, so fasste Lauterbach (1992, S. 205) die Kritik an entsprechenden Curricula aus den 70er Jahren zusammen. Ein Beispiel zum Thema „Schwimmen und Sinken“ vermag diese Kritik plausibel zu machen: „Vollkörper, die leichter sind als die gleiche Raummeng Wasser, schwimmen; Vollkörper, die schwerer sind als die gleiche Raummeng Wasser, sinken. Hohlkörper schwimmen auch dann auf dem Wasser, wenn sie aus einem Material bestehen, das schwerer ist als die gleiche Raummeng Wasser“ – mit diesem Merksatz wurden die Ergebnisse einer Unterrichtseinheit für dritte Klassen zusammengefasst (vgl. Leicht 1973). Bei einer Evaluation dieses Curriculums stellte Klewitz (1989) fest: Die Hälfte der Kinder zeigte keine eindeutige Beeinflussung ihrer Erklärungen durch den Unterricht; nur ein kleiner Teil der Schüler konnte Merksätze korrekt wiedergeben und auch anwenden.

Insgesamt lässt sich zusammenfassen: Die auch aus heutiger Sicht immer noch „fortschrittlichen“ Anregungen des Deutschen Bildungsrates erreichten die Grundschulwirklichkeit nicht. Erste Lehrpläne, wie zum Beispiel der Lehrplan in Nordrhein-Westfalen von 1973, verstanden das Prinzip der „wissenschaftlichen Orientierung“ häufig als Orientierung an Einzeldisziplinen, was zu einem zergliederten und begriffsorientierten Sachunterricht führte. Gerade im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens wurde zu viel, zu früh und zu oberflächlich naturwissenschaftliches Wissen „vermittelt“ – wirkliches Verstehen wurde dabei nicht erreicht. Schwartz (1977, S. 13) fasst die Kritik zusammen: Der wissenschaftsorientierte Unterricht hatte sich in vielen Köpfen zu einem wissenschaftsbestimmten Sachunterricht entwickelt, „der vornehmlich als Vorgriff auf die Systematik der alten Schulfächer in der Sekundarstufe I gesehen und gründlich missverstanden wurde. Die sich daraus ergebende Addition der Fächer ... führte zu ... Stofffülle ..., zu Überforderung und zu einem bisher nicht gekannten Leistungsdruck.“

Aufgrund dieser Kritik wurden die in England entwickelten, weniger stark determinierten und für Interessen von Grundschulkindern offenen Lernumgebungen aus dem Curriculum „Science 5/13“ in Deutschland adaptiert. Eine Arbeitsgruppe um Hannelore Schwedes und Elard Klewitz veröffentlichten deutsche Fassungen in den Jahren 1973 bis 1977; im Klett Verlag erschienen insgesamt acht Bände zu diesem Curriculum (z.B. Schwedes 1975). Diese Vorschläge entsprachen zwar wegen ihrer stärkeren Hinwendung zum Kind eher dem grundschulpädagogischen „Mainstream“, doch wurden auch sie wegen der Vernachlässigung inhaltlicher Aspekte, wegen der mangelnden Verbindlichkeit des Lehrplans und wegen der hohen Ansprüche, die ein derartig offenes Curriculum an die Kompetenzen der Lehrkräfte stellte, kritisiert (Schwedes 2001).

Die deutsche Diskussion war bis in die 80er Jahre hinein durch heftige Auseinandersetzungen zwischen Befürwortern der eher offenen, schülerorientierten Ansätze und Befürwortern der stärker geschlossenen, lernzielorientierten Ansätze sowie durch Auseinandersetzungen zwischen eher verfahrens- bzw. eher strukturorientierten Ansätzen gekennzeichnet. Auch der in den 80er Jahren von Walter Köhnlein (1996) und Michael Soostmeyer (1986) in Anknüpfung an Wagenschein und Thiel entwickelte genetische Ansatz für den Sachunterricht konnte sich ebenso wenig wie der später entwickelte phänomenorientierte Ansatz von Spreckelsen (1997) in den Schulen etablieren, weil sich inzwischen – wie Köhnlein 1984 konstatierte – eine regelrechte Rückwärtsbewegung hin zu eher lebensweltorientierten Themen im Sachunterricht ergeben hatte:

„Ein Jahrzehnt, nachdem der Strukturplan (1970) die Wissenschaftsorientierung zum Leitstern der Didaktik erhoben hatte, war die Umkehrung der Pendelbewegung unübersehbar. Nach ihrem Hoch in den USA wurden die auslaufenden Wellen eines anti-scientific move-

ments bei uns wirksam. Konservative Kräfte verstärkten im Zuge der vielzitierten ‚Tendenzwende‘ ihren Einfluss in der Bildungspolitik; der Heimatgedanke wird dem Wissenschaftsbezug entgegengesetzt.“ (1984, S. 35)

Trotz vieler Versuche, zwischen diesen Polen zu vermitteln und Synthesemodelle zu schaffen (z.B. Soostmeyer 1979), endete diese Auseinandersetzung mit einem Zurückweichen naturwissenschaftlicher Inhalte der unbelebten Natur zugunsten biologischer und gesellschaftswissenschaftlicher Themen in den Lehrplänen Deutschlands. 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 wiesen sie nach, dass seit den 80er Jahren ein ständiger Rückgang dieser Fachanteile zu verzeichnen ist, physikalisch und chemisch akzentuierte Themen in den Lehrplänen am Ende des 20. Jahrhunderts nur noch eine Randerscheinung darstellten und in einigen Bundesländern völlig fehlten (vgl. Abb. 4).

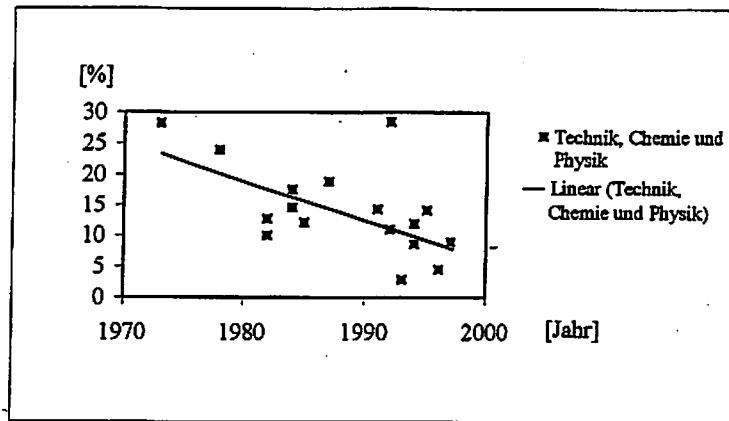


Abb. 4: Gesamtanteil chemischer, physikalischer und technischer Themen in den Lehrplänen von 1970 – 1998 (nach Strunck 1999, S. 30)

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. (1998) überein. Als bedenklich formuliert Einsiedler, dass die Biologie ca. 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. 5). Wie Strunck stellt Einsiedler große länderspezifische Unterschiede fest; in einigen Ländern fehlen Themen aus der unbelebten Natur völlig (Einsiedler 2002, S. 34).

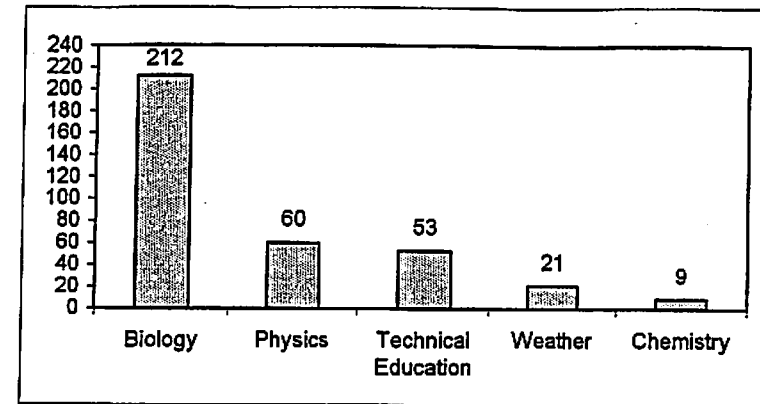


Abb. 5: Häufigkeit fachlicher Themen in 16 deutschen Lehrplänen (3/4. Klasse) aus dem Jahre 1998 (nach Einsiedler 2002, S. 34). Die übrigen 438 Themen verteilen sich auf die Bereiche „Social Learning“, „Geography“, „Health Education“, „History“, „Economic Education“.

Weiterhin bestätigt eine detaillierte Schulbuchanalyse von Sachunterrichtsthemen für den Zeitraum von 1970 bis 2000 (vgl. Blaseio 2002) den deutlichen Rückgang physikalischer und chemischer Inhalte und den gleichzeitigen Anstieg biologischer Inhalte (vgl. Abb. 6).

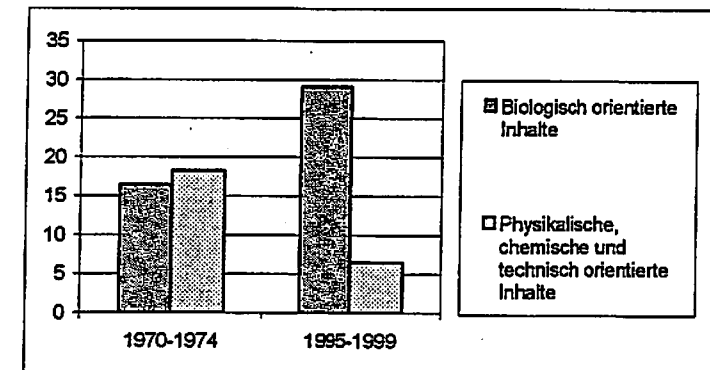


Abb. 6: Anteile der naturwissenschaftlich orientierten Inhaltsbereiche des Sachunterrichts am Gesamtanteil der Inhalte in deutschen Schulbüchern (nach Blaseio 2002)

Klassenbuchanalysen (vgl. Einsiedler 2002, S. 31) zeigten zudem, dass im tatsächlich erteilten Unterricht die Lehrplanvorgaben noch unterschritten wurden. Einsiedler resümiert, dass „Fachanteile des Sachunterrichts fast beliebig unterrichtet werden, ausschlaggebend sind anscheinend subjektive Interessen der jeweiligen Lehrkräfte. Die Streuzahlen verweisen auf eine gewisse Konzeptionslosigkeit und auf ziemlich willkürliche Einstellungen gegenüber dem Sachunterricht“ (2002, S. 32).

Den Reformansätzen in den USA und in England blieb ebenfalls der Erfolg versagt: So endete der Versuch, ein offenes Grundschulcurriculum in England zu etablieren 1989 abrupt mit der Einführung des „National Curriculums“ und mit der Einführung verbindlicher Tests.

Auch in den USA setzten sich die in den sechziger und siebziger Jahren entwickelten naturwissenschaftlichen Curricula in den „Elementary Schools“ trotz massiver finanzieller Unterstützung nicht durch.

Die Gründe für das weltweite Scheitern dieser ersten Implementierungswelle sind vielfältig: Zum einen wirkten sich sicherlich die einseitigen Positionen einiger Curricula negativ aus, wie z.B. die Strukturorientierung vs. die Verfahrensorientierung, die Geschlossenheit vs. die Offenheit der Curricula. Als sich die Einsicht verbreitete, stärker vermittelnde Positionen einzunehmen, wurde längst wieder ein „Roll Back“ hin zu stärker lebensweltorientierten Ansätzen vertreten. Zudem schienen einige der Curricula die Lernmöglichkeiten von Grundschulkindern zu überschätzen – Überforderung und mangelndes Verständnis waren die Folge. Einen nicht zu unterschätzenden Einfluss hatte vermutlich auch die unzureichende Aus- bzw. Fortbildung der in der Grundschule tätigen Lehrkräfte, insbesondere bei den offeneren Curricula.

Festzuhalten bleibt: Die naturwissenschaftsorientierten, durch amerikanische und englische Konzeptionen beeinflussten Curricula der ersten Generation gaben der Entwicklung des naturwissenschaftlich-technischen Lernbereichs wichtige Impulse, konnten aber die pädagogischen Ansprüche an Bildungsprozesse letztlich nicht erfüllen. Bei den sog. geschlossenen Ansätzen stand die Vernachlässigung der Perspektive des Kindes in der Kritik; bei den sog. offenen Konzeptionen blieb die mangelnde Zielerreichung im kognitiven Bereich ein wesentlicher Kritikpunkt. Eine Vereinbarkeit von kognitiven und motivationalen Zielsetzungen wurde in der ersten Phase zur Implementierung eines naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule nicht verwirklicht. Auch erreichten viele der vorgestellten Ansätze nicht die Schulpraxis in ihrer Breite – unzureichende Ausstattungsbedingungen wie auch eine unzureichende Ausbildung der Lehrkräfte waren hierfür verantwortlich.

Der zweite Versuch einer Implementierung naturwissenschaftlicher Themen in der Grundschule – „Primary Science“ heute

Nach diesen teilweise erfolglos gebliebenen Bemühungen um die Förderung eines frühen naturwissenschaftlichen Lernens in den sechziger und siebziger Jahren startete gegen Ende des 20. Jahrhunderts eine zweite Implementierungswelle für ein frühes naturwissenschaftliches Lernen. Ausgelöst wurde sie – ähnlich wie in den sechziger Jahren – vor allem durch politische und wirtschaftliche Überlegungen: Viele Industrieländer sehen sich inzwischen (wieder) mit einem bedrohlichen Mangel an Ingenieuren und Naturwissenschaftlern und mit mangelndem Verständnis und Interesse der Bevölkerung im Hinblick auf Naturwissenschaft und Technik konfrontiert. Zudem offenbarten die internationalen Schulleistungsvergleichsstudien ein schlechtes Abschneiden vieler Industrieländer im Bereich der Naturwissenschaften. Von einer frühen Förderung, die bereits im Kindergarten und in der Grundschule ansetzt, werden – gemäß dem Spruch „Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmermehr“ – ein wachsendes Interesse und verbesserte Basiskompetenzen im Bereich der Naturwissenschaften erwartet. Neben bildungspolitischen Initiativen zeigen sich auch wirtschaftsnahe Stiftungen, Wirtschaftsverbände, die Akademien der Wissenschaften sowie Industriefirmen zunehmend an einer frühen naturwissenschaftlichen Förderung interessiert.

Argumentative Stützung liefern – ebenfalls wie in den sechziger Jahren – neuere Befunde aus der kognitiven Psychologie und aus der Entwicklungspsychologie: So konnte inzwischen belegt werden, dass bereits Grundschulkindern in Domänen, in denen sie über ausreichend Vorwissen verfügen, zu kausalem und schlussfolgerndem Denken in der Lage sind und kohärente und gehaltvolle Theorien zu naturwissenschaftlichen Phänomenen entwickeln können (Bullock und Ziegler 1999; Janke 1995; Siegler 1996; Sodian 1995; Stern 2002).

Auch Untersuchungen, die didaktische Ansätze zum genetischen Lernen aufgreifen, zeigen, dass Grundschulkindern – 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 (Soostmeyer 1988; Möller 1991; Köhlein 1999). Insgesamt lässt sich ein Trend hin zu einem kognitiv anspruchsvolleren Primarunterricht ausmachen, der sich gegen eine Unterschätzung der geistigen Kapazitäten von Grundschulkindern richtet, frühe Lernchancen als bedeutsam für die kognitive Entwicklung ansieht und eine Beschränkung auf „Hands-on“-Aktivitäten sowie auf deskriptive kognitive Leistungen ablehnt.

Vorreiter für die Intensivierung der frühen naturwissenschaftlichen Bildung war wieder der angloamerikanische Raum: In den USA startete bereits 1985 das Project 2061 der American Association for the Advancement of Science (AAAS). 1989 erschien die Publikation „Science for all Americans“, 1993 wurden die „Benchmarks for Science Literacy“ veröffentlicht – die Benchmarks erstrecken sich dabei auf den Zeitraum von der Vorschule bis in die 12. Klasse. Eine Initiative des National Research Council der National Academy of Science führte 1996 zur Publikation der „National Science Education Standards“ (National Research Council 1996). Auch hier wurde der „Elementary“ Bereich mit der Vorschule einbezogen. In England wurde ein durchgängiges „Science Curriculum“ für 5- bis 16-jährige Schüler bereits 1989 mit dem „National Curriculum“ präsentiert – hier ist „Science“ sowohl in der „Primary School“ wie auch in der „Secondary School“ neben Mathematik und Englisch bis heute sogar ein Hauptfach.

Inzwischen häufen sich auch in Europa die Initiativen zur Förderung einer frühen naturwissenschaftlichen Bildung. Einige Beispiele:

- Die Europäische Union betreibt die Intensivierung der naturwissenschaftlichen Bildung im Primarbereich im Rahmen von EU-Förderprogrammen. Bereits zweimal trafen sich z.B. ca. 30 europäische Länder zu einer „Primary Science“ Konferenz in Amsterdam (2004) bzw. in Stockholm (2006).
- In Frankreich und Schweden beteiligen sich die Nationalen Akademien an der Intensivierung einer frühen naturwissenschaftlichen Bildung: Sie unterstützen große Programme wie „La main à la pâte“ (Jasmin 2005) und „Science and Technology for All (NTA)“ (Schweden). Auch die Brandenburgische Akademie der Wissenschaften in Berlin hat mit einer Förderung des frühen naturwissenschaftlichen Unterrichts begonnen.
- In Deutschland beschreibt der Perspektivrahmen der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts den Bereich Naturwissenschaften neben dem Bereich Technik als einen der verbindlichen Bereiche des Sachunterrichts mit zugeordneten Inhalten und Kompetenzen (GDSU 2002), wobei der Bereich Naturwissenschaften neben biologischen auch physikalisch und chemisch akzentuierte Themen umfasst. Diverse Länder haben daraufhin den Bereich der Naturwissenschaften in ihren neuen Grundschullehrplänen bereits wieder deutlich ausgeweitet (z.B. NRW 2003).
- Im Kanton Bern in der Schweiz werden im neuen Berner Lehrplan für die Volksschule naturwissenschaftliche Themen von Klasse 1 an bis in den Sekundarbereich hinein als aufeinander aufbauendes Curriculum im Lernbereich Natur – Mensch – Mitwelt berücksichtigt.

Auch in anderen Ländern, wie z.B. Kanada, Australien, Singapur und Südafrika ist der Bereich „Primary Science“ heute in den Curricula fest verankert (vgl. Online-Angaben zu den Curricula im Literaturverzeichnis).

Inhalte und Ziele von „Primary Science“ heute

An drei Beispielen soll aufgezeigt werden, welche Inhalte und Ziele heute im Bereich „Primary Science“ verfolgt werden.

England:

In dem 1989 verfassten englischen „National Curriculum“ zum Bereich „Science“ werden die Inhaltsbereiche mit Themenfeldern (Programme of Study) sowie die angestrebten Kompetenzen (Attainment Targets) in einem aufeinander aufbauenden Curriculum auf jedem „Key Stage“, also auch auf „Key Stage 1“ (5- bis 7-jährige Kinder in „Year Group“ 1 und 2) und „Key Stage 2“ (7- bis 11-jährige Kinder in „Year Group“ 3-6) aufgeführt (vgl. Abb. 7).

Programme of Study in Science	
Inhaltsbereiche	Zugeordnete Themenfelder
Scientific enquiry	Ideas and evidence in science; investigative skills
Life processes and living things	Life processes, humans and other animals, green plants, variation and classification and living things in their environment
Materials and their properties	Grouping and classifying materials, changing materials and separating mixtures of materials
Physical processes	Electricity, forces and motion, light and sound and the Earth and beyond

Abb. 7: Programme of Study: Inhaltsbereiche mit Themenfeldern des englischen „National Curriculums“ in „Science“ (vgl. http://www.qca.org.uk/2812_2120.html)

Der Inhaltsbereich „Scientific Enquiry“ richtet sich auf das Erlernen wissenschaftlicher Verfahren, insbesondere auf das Erlernen der Methode des Experimentierens. Eine Standardaufgabe in diesem Bereich ist, einen sog. „fairen Test“ zu entwickeln, um aufgestellte Vermutungen zu überprüfen. Die anderen Bereiche sind nach biologischen, physikalischen und chemischen Themen gegliedert. Zu den jeweiligen Themen erscheinen unter dem Stichwort „Knowledge, Skills and Understanding“ nähere Ausführungen zur Bearbeitung der Themen. Für den Inhaltsbereich „Physical Processes“ auf „Key Stage 2“ wird zum Themenbereich „Forces and Motion“ z.B. erläutert:

„Pupils should be taught:

- about the forces of attraction and repulsion between magnets, and about the forces of attraction between magnets and magnetic materials
- that objects are pulled downwards because of the gravitational attraction between them and the Earth
- about friction, including air resistance, as a force that slows moving objects and may prevent objects from starting to move
- that when objects [for example, a spring, a table] are pushed or pulled, an opposing pull or push can be felt
- how to measure forces and identify the direction in which they act.”

Neben dem „Programme of Study“ wird unter „Attainment Targets“ für jeden Inhaltsbereich des Curriculums das erwartete Verhalten bzw. Wissen der Schüler auf abgestuften Levels von 1 bis 8 beschrieben, ergänzt um einen Level mit außerordentlicher Leistung. Am Ende der Primarschulzeit wird für die Mehrheit der Schüler in einem Alter von 11 Jahren das Erreichen des Levels 4 erwartet (vgl. QCA: National Curriculum 1999, p. 7). Für den Bereich „Scientific Enquiry“ in „Key Stage 2“ wird zum Beispiel formuliert:

Pupils recognise that scientific ideas are based on evidence. In their own investigative work, they decide on an appropriate approach [for example, using a fair test] to answer a question. Where appropriate, they describe, or show in the way they perform their task, how to vary one factor while keeping others the same. Where appropriate, they make predictions.

They select information from sources provided for them. They select suitable equipment and make a series of observations and measurements that are adequate for the task. They record their observations, comparisons and measurements using tables and bar charts. They begin to plot points to form simple graphs, and use these graphs to point out and interpret patterns in their data. They begin to relate their conclusions to these patterns and to scientific knowledge and understanding, and to communicate them with appropriate scientific language. They suggest improvements in their work, giving reasons” (vgl. Attainment targets zu key stage 2, scientific enquiry). (<http://www.nc.uk.net/nc/contents/Sc-1-ATT.html>)

Während das „Programme of Study“ des „National Curriculum“ durch die Offenheit der Angaben noch einige Freiräume zur Unterrichtsgestaltung lässt, geben die von der Quality Curriculum Authority (QCA) herausgegebenen „Schemes of Work“ detaillierte Empfehlungen für die Unterrichtsgestaltung. Sie sind zwar im Gegensatz zum „Programme of Study“ nicht verbindlich, werden aber von vielen Lehrkräften zur Unterrichtsvorbereitung herangezogen, da sie unmittelbar auf den durchgeführten nationalen Test am Ende von „Key Stage 2“ ausgerichtet sind.

USA:

1996 wurden in den USA die vom National Research Council, einem Organ der National Academy of Science, entwickelten „National Science Education Standards“ publiziert. Das umfassende, weitgehend auf konstruktivistischen Ansätzen zum Lernen basierende Werk wurde von 22 Institutionen und 18.000 individuellen Verfassern zusammen erstellt. „Scientific Literacy for All“ im 21. Jahrhundert sicherzustellen, ist das Ziel. Die Publikation enthält neben allgemeinen Ausführungen unter anderem Standards zum naturwissenschaftlichen Unterricht, zur professionellen Entwicklung von Lehrkräften und zum Assessment. Kap. 6 der „National Science Education Standards“ enthält eine nach Schulstufen gegliederte Beschreibung zu erreichender „Content Standards“, die über alle Schulstufen hinweg von K-4, 5-8 und 9-12 in sechs Inhaltsbereiche gegliedert sind. Wie in England wird ein gesonderter Bereich „Science as Inquiry“ aufgeführt. Chemische und physikalische Aspekte sind unter „Physical Science“ zusammengefasst. Darüber hinaus werden – einem erweiterten „Science“-Begriff entsprechend – technische, geowissenschaftliche, historische, soziale und metakognitive Aspekte von „Science“ bereits in der „Elementary School“ berücksichtigt. Die folgenden „Content Standards“ für K-4 (Kindergarten bis Klasse 4) beziehen sich auf die „Elementary School“:

“As a result of activities in grades K-4, all students should develop understanding of”:

Standard A	Science as Inquiry: Abilities necessary to do scientific inquiry, Understanding about scientific inquiry
Standard B	Physical Science: Properties of objects and materials; Position and motion of objects; Light, heat, electricity, and magnetism
Standard C	Life Science: The characteristics of organisms; Life cycles of organisms; Organisms and environments
Standard D	Earth and Space Science: Properties of earth material; Objects in the sky, Changes in earth and sky
Standard E	Science and Technology: Abilities of technological design; Understanding about science and technology; Abilities to distinguish between natural objects and objects made by humans
Standard F	Science in Personal and Social Perspectives: Personal health; Characteristics and changes in populations; Types of resources; Changes in environments; Science and technology in local challenges
Standard G	History and Nature of Science: Science as a human endeavor

Vgl. „National Science Education Standards“, Kap. 6
(<http://www.nap.edu/readingroom/books/nse/6a.html#rationale>)

Die in der Tabelle aufgeführten Inhaltsbereiche werden im Hinblick auf die am Ende der jeweiligen Schulstufe erarbeiteten fundamentalen Konzepte und Prinzipien noch präzisiert. Für den Inhaltsbereiches „LIGHT, HEAT, ELECTRICITY, AND MAGNETISM“ sollen zum Beispiel zum Ende der „Elementary School“ die folgenden Einsichten erzielt worden sein:

- *“Light travels in a straight line until it strikes an object. Light can be reflected by a mirror, refracted by a lens, or absorbed by the object.*
- *Heat can be produced in many ways, such as burning, rubbing, or mixing one substance with another. Heat can move from one object to another by conduction.*
- *Electricity in circuits can produce light, heat, sound, and magnetic effects. Electrical circuits require a complete loop through which an electrical current can pass.*
- *Magnets attract and repel each other and certain kinds of other materials.”*

(<http://www.nap.edu/readingroom/books/nse/6c.html>)

Deutschland:

Der „Perspektivrahmen Sachunterricht“ ordnet der in den Sachunterricht integrierten „naturwissenschaftlichen Perspektive“ fünf Kompetenzen zu, die in der Grundschule aufgebaut werden sollen (GDSU 2002, S. 15-18). Dazu gehören z.B. das Zurückführen von Naturphänomenen auf physikalische, chemische und biologische Gesetzmäßigkeiten sowie das Aufbauen von Fragehaltungen und das Erwerben von Problemlösetechniken. Inhaltliche Beispiele wie die Themen „Schmelzen und Erstarren“, „Eigenschaften von Materialien“, „Stoffveränderung“, die dem 1./ 2. Schuljahr bzw. dem 3./4. Schuljahr zugeordnet werden, dienen der Konkretisierung. Ergänzt werden die inhaltlichen Beispiele durch Verfahren, die erlernt werden sollen (z.B. Beobachten, Klassifizieren, Vergleichen Auswerten). Anders als in England und in den USA liegt dem Perspektivrahmen allerdings kein mit den weiterführenden Schulen abgestimmtes Konzept zugrunde.

Hinsichtlich der diskutierten Ziele für ein frühes naturwissenschaftliches Lernen besteht heute – zumindest in vielen der didaktischen Ansätze – international weitgehende Einigkeit: Vorrangiges Ziel einer naturwissenschaftlichen Bildung im Primarbereich ist nicht die Vermittlung systematisch organisierten Wissens, etwa mit der Absicht, möglichst viel Wissen für weiterführendes Lernen zur Verfügung zu stellen. Es geht vielmehr darum, dass Kinder

- Interesse und Freude am Nachdenken über Phänomene aus Natur und Technik empfinden und daran interessiert sind, naturwissenschaftliche und technische Fragen und Probleme zu ergründen
- Selbstvertrauen entwickeln, etwas herausfinden und verstehen zu können
- Bereitschaft und Freude entwickeln, sich auf forschendes Denken einzulassen und Herausforderungen im Denken anzunehmen („science is hard fun“)
- Fähigkeit entwickeln, über naturwissenschaftlich-technische Fragen zu kommunizieren
- beginnen, ein Verständnis von Wissenschaft und wissenschaftlichem Arbeiten („nature of science“) aufzubauen und entsprechende Verfahren (wie das Experimentieren) zu erlernen
- ein konzeptuelles Basiswissen erwerben, das sie zum Vorhersagen und Erklären von Phänomenen nutzen können. (in Anlehnung an Worth 2005)

Zusammengefasst sollten Grundschulkinder vor dem Übergang in die weiterführenden Schulen einiges Basiswissen und wichtige naturwissenschaftliche und technikbezogene Verfahren erlernt, ein erstes Wissen über das Wesen der Naturwissenschaften erworben, Haltungen und Interessen gegenüber Naturwissenschaften und Technik ausgebildet und Selbstvertrauen im

Hinblick auf naturwissenschaftliches und technisches Lernen entwickelt haben. Deutlich wird hiermit ein multikriterialer Zielansatz formuliert.

Lerntheoretische Grundlagen für einen frühen naturwissenschaftlichen Unterricht – Naturwissenschaftliches Lernen als Veränderung von Konzepten

Schon in der Primarstufe verfügen die Lernenden bereits über teilweise tief verankerte Vorstellungen von Phänomenen und Begriffen, mit denen sie in den Unterricht hineinkommen, wie Untersuchungen von Driver et al. (1985), Carey (1985), Tytler (1994) und Möller (1999) zeigen (eine zusammenfassende Darstellung aus chemischer Perspektive findet sich bei Strunck 1999; vgl. auch die von Duit angelegte Datenbank zum „Primary Science“ Bereich im IPN). Häufig stimmen diese vorunterrichtlichen Vorstellungen mit den zu lernenden Konzepten zumindest in zentralen Aspekten nicht überein. Die in den Naturwissenschaftsdidaktiken begründete Forderung, Lernprozesse daher als Konzeptveränderungen („Conceptual Change“) zu beschreiben und aktive Umstrukturierungsprozesse durch die Lernenden zu fordern (Vosniadou et al. 2001) ist deshalb auch für den Primarbereich relevant.

Lerntheoretisch liegen diesen Sichtweisen die Annahmen zugrunde, dass Wissen aktiv vom Lernenden konstruiert werden muss und nicht „vermittelt“ werden kann, dass der Lernende im Lernprozess aktiv involviert sein muss, dass Wissensaufbau durch soziale Interaktion beeinflusst wird und dass Lernsituationen, die das Lösen von Problemen erfordern, die Anwendbarkeit des erworbenen Wissens fördern. Dieser von Gerstenmaier und Mandl (1995) als „konstruktivistisch“ bezeichnete Ansatz stützt sich auf Theorien zur situierten Kognition, auf sozial-konstruktivistische Ansätze, auf Selbstbestimmungstheorien wie auch auf Piaget zurückgehende Theorien zum Aufbau von Wissen.

Versteht man Wissensaufbau als einen aktiven, situierten sowie sozial bedingten Prozess und berücksichtigt Ergebnisse der Conceptual Change - Forschung, so lassen sich einige Hinweise für förderliche Unterrichtsmerkmale ableiten:

- Die Lernenden sind aktiv am Lernprozess beteiligt, z. B. durch motivierende Fragestellungen, durch Möglichkeiten, eigenen Fragen und Denkwegen nachzugehen und zu experimentieren.
- Die Lehrkraft aktiviert vorhandene Vorstellungen, greift diese auf und regt zum Überprüfen an.
- Die Lernenden werden ermutigt, eigene Ideen zu verfolgen. Eigenen Lernwegen wird Raum gegeben.
- Im gemeinsamen Gespräch werden Vermutungen und mögliche Erklärungen diskutiert und geprüft.
- Der Unterricht greift anwendungsbezogene, für Kinder interessante Fragestellungen auf.
- Arbeitsweisen und Lernprozesse werden reflektiert. (vgl. Möller et al. 2006)

Lernumgebungen, die auf dieser Basis entwickelt werden, sollen „träges“, nicht anwendbares Wissen vermeiden, Verstehen fördern, das Einbringen von Interessen ermöglichen und Möglichkeiten zum Erleben von Kompetenz bieten. In der deutschen fachdidaktischen Diskussion wie auch international wird ein solcher Unterricht häufig als „konstruktivistisch orientiert“ bezeichnet. Schülerorientierung, Problemorientierung, auf verstehendes Lernen ausgerichteter Unterricht sind – mit einigen Differenzierungen – verwandte Bezeichnungen. Im Sachunterrichtsbereich findet sich – in der Tradition Martin Wagenscheins – die Bezeichnung konstruktiv-genetisch (Köhnlein 1996). Kollegen aus der Schweiz (Adamina und Müller 2000) bevorzugen den Begriff „kognitiv-konstruktiv bzw. kognitiv-konstruierend“, um das Modewort „konstruktivistisch“ zu vermeiden. International wird häufig von „Active Learning“ und von „Inquiry Learning“ gesprochen.

Die Rolle der Lehrkraft in einem konstruktivistisch orientierten Unterricht

Das hohe Maß an Selbststeuerung und Komplexität, das sich aus einem solchen Unterricht bei anspruchsvollen und anwendungsorientierten Fragestellungen ergibt, birgt insbesondere für jüngere und leistungsschwächere Schüler die Gefahr der Überforderung. Es ist deshalb wichtig, den Lernenden eine angemessene Unterstützung zur Verfügung zu stellen.

Theoretisch eignet sich das von Wood, Bruner und Ross (1976) beschriebene Konzept des „Scaffolding“, um die schwierige Aufgabe der Lehrkraft in einem auf kognitive Konstruktion ausgerichteten Unterricht zu beschreiben. Es wurde im Zusammenhang mit komplexen, anspruchsvollen Lernumgebungen von verschiedenen angloamerikanischen Autoren wieder aufgenommen (Davis und Miyake 2004; Hogan und Pressley 1997; Pea 2004; Reiser 2004; Bliss et al. 1996).

Maßnahmen, welche die Komplexität reduzieren und den Aufbau adäquater Vorstellungen erleichtern, sind z.B.

- Fokussierungshilfen, welche die Aufmerksamkeit der Schüler auf wichtige Aspekte lenken sollen,
- Impulse, welche Denkanstöße vermitteln,
- Problematisierungshilfen, welche auf ungelöste Fragen oder Widersprüche aufmerksam machen,
- Aufforderungen zum Mitteilen und Überprüfen von Vermutungen,
- Aufforderungen zum Begründen von Aussagen und zum Reflektieren von Lernwegen,
- Zusammenfassungen und Hervorhebungen wichtiger Schüleräußerungen und
- die Nutzung von „Advance Organizers“, um die Einordnung neuen Wissens in vorhandenes Wissen zu erleichtern.

Reiser (2004) beschreibt die Rolle der Lehrkraft als delikat, da die Lehrkraft versuchen muss, ein optimales Level an Unterstützung bereit zu stellen. Die Aufgabe der Lehrkraft lässt sich dabei so beschreiben: Die Lehrkraft sollte soviel Hilfe wie notwendig und so wenig Hilfe wie möglich anbieten, um forschende Lernprozesse zu ermöglichen und die kognitive Aktivität der Lernenden zu fördern.

Wie wirksam sind konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernumgebungen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht? – Die Münsteraner Schulstudie

Wie erfolgreich solche konstruktivistisch orientierten Lernumgebungen im Hinblick auf motivationale, selbstbezogene und kognitive Zielbereiche sind, untersuchten wir in einem Projekt zum Aufbau physikalischer Basiskonzepte, das im DFG-Schwerpunktprogramm BIQUA angesiedelt war und in Kooperation mit Elsbeth Stern durchgeführt wurde. Wir stellten uns dabei auch die Frage, welchen Einfluss strukturierende Merkmale in einer konstruktivistisch orientierten Lernsituation haben.

Zum Design der Studie (Möller et al. 2002):

Es wurden zwei Unterrichtsreihen zum Thema „Wie kommt es, dass ein großes Schiff aus Metall nicht untergeht?“ für dritte Klassen entwickelt, die jeweils acht Doppelstunden umfassen. In beiden Reihen wurden dieselben Materialien bereitgestellt sowie weitestgehend die gleichen Arbeitsblätter und Arbeitsaufträge eingesetzt. Die Unterrichtsformen unterschieden sich allerdings im Grad der Strukturierung. Die Gruppe, die einen strukturierteren Unterricht erhielt (MIT), erarbeitete das Konzept sequenziert in Teilfragen, die zwar nicht kleinschrittig und losgelöst von dem komplexen Problem erarbeitet werden sollten, aber zu einem schrittweisen Aufbau adäquater Vorstellungen führen sollten. Zu allen Teilaspekten gab es sowohl stark strukturierte Aufgabenstellungen und vorgegebene Versuche als auch ein offenes Materialangebot. Das Lernangebot konnte in Gruppenarbeit oder an Stationen bearbeitet werden. Den Kindern der anderen Gruppe, die einen Unterricht mit einem gerin-

geren Grad der Strukturierung erhielten (OHNE), standen während der gesamten Zeit die Materialien und Versuche zu allen Teilaspekten zur Verfügung. Im inhaltlichen Bereich war hier die Wahlmöglichkeit größer. Die Kinder konnten Teilaspekte entsprechend ihrer eigenen Fragen in unterschiedlicher Reihenfolge bearbeiten. Die Problemstellung sowie die Methode des forschenden Lernens waren vorgegeben; das offene Materialangebot sowie die Stationen und Gruppenarbeitsaufträge des OHNE-Unterrichts konnten allerdings in beliebiger Reihenfolge genutzt werden. Auf Anforderung gab die Lehrkraft allerdings auch hier strukturierende Hilfen. In der vierten Doppelstunde besuchten auch diese Klassen das Schwimmbad. Die Selbstkontrolle war in beiden Gruppen anhand der Anwendung neuer Konzepte in vielfältigen Situationen sowie in der Diskussion möglich. Die Wahl der Partner (Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit) sowie die Wahl der Arbeitszeit an den Stationen und dem offenen Materialangebot waren in beiden Gruppen frei.

Neben der Sequenzierung wurden auch die Klassengespräche variiert. Sie nahmen in der Gruppe mit stärkerer Strukturierung einen größeren Raum ein. Die Lehrerin achtete zudem in der Gruppe mit stärkerer Strukturierung darauf, dass das Gespräch nicht zwischen unterschiedlichsten Aspekten hin und her sprang, um die Sequenzierung auch hier einzuhalten. Sie gab häufiger als in der OHNE-Gruppe Rückmeldungen an die gesamte Klasse, stellte häufiger Widersprüche heraus, forderte immer wieder Begründungen und Zusammenfassungen ein und half bei der Fokussierung der Aufmerksamkeit durch Präsentationen, Tafelskizzen und Verschriftlichungen. In der OHNE-Gruppe bestimmten die Kinder die Reihenfolge der zu besprechenden Aspekte im Klassengespräch. Die Lehrperson half hier bei der Organisation und der Einhaltung der Gesprächsregeln, beschränkte sich ansonsten auf Tipps für die Strukturierung, forderte Vergleiche, Begründungen, Präsentationen und das Hinterfragen heraus und fasste wesentlich seltener als in MIT den Stand der Schülererkenntnisse zusammen. Die Kinder erhielten allerdings individuelle Rückmeldungen von der Lehrperson in ihren Forschermappen.

Insgesamt entsprach der Unterricht in der Gruppe OHNE in etwa einem Werkstattunterricht, wie er in vielen Grundschulklassen verbreitet ist, während der Unterricht in der MIT-Gruppe eher an einem genetisch orientierten Unterricht mit unterstützender, sokratischer Gesprächsführung durch die Lehrkraft orientiert war (konstruktivistisch orientierter Unterricht mit „Scaffolding“ durch die Lehrkraft). Mit Hilfe einer Videoaufzeichnung und einer anschließenden Videoauswertung wurde sichergestellt, dass der Unterricht in den beiden Klassen den genannten Merkmalen entsprach. Beide Gruppen wurden von derselben Lehrperson unterrichtet, um lehrkraftbedingte Effekte auszuschließen. Die sozioökonomischen Klassenbedingungen und die Vorerfahrungen der Klassen waren in beiden Gruppen vergleichbar.

Was hat der Unterricht bewirkt?

Über die Ergebnisse dieser Unterrichtsstudie haben wir bereits berichtet (Möller et al. 2002, Jönel et al. 2003, Blumberg et al. 2003 und 2004, Hardy et al. 2006 – zusammenfassend Möller et al. 2006). Wir überprüften die Lernfortschritte der Schüler, insbesondere auch die der leistungsschwachen Schüler, mit geschlossenen und offenen Items in einem Fragebogen vor und nach dem Unterricht sowie in einem nach dem Unterricht eingesetzten Transferfragebogen. Eine Kontrollgruppe (Basisgruppe) füllte den Fragebogen aus, ohne Unterricht zu erhalten. Nach einem Jahr wiederholten wir den Test. Zusätzlich erfragten wir in einem weiteren Fragebogen, wie interessiert die Kinder den Unterricht verfolgten, wie motiviert sie waren, inwiefern sie sich als kompetent erlebt haben, wie zufrieden sie mit dem Unterricht waren, wie konstruktivistisch sie den Unterricht empfunden haben und wie erfolgsoversichtlich sie nach dem Unterricht waren. Wir interessierten uns dabei u.a. für die Fragen, ob die Kinder Lernfortschritte in einem derartig anspruchsvollen Unterricht machen können, ob

auch leistungsschwache Kinder von dem Unterricht profitieren, ob sich die Wirkungen in den beiden Unterrichtsformen und im Vergleich zu einer nicht unterrichteten Basisgruppe unterschieden und ob das erworbene Verständnis nachhaltig ist.

- *Ergebnisse bzgl. der kognitiven Leistungen bei den geschlossenen und den offenen Antworten:*

Zunächst lässt sich für die geschlossenen Antworten festhalten, dass alle unterrichteten Kinder von Prä nach Post signifikant dazu lernten. Das galt auch für die leistungsschwächeren Kinder. Der konstruktivistisch orientierte Unterricht mit der stärkeren Strukturierung war im Hinblick auf den Lernerfolg und im Hinblick auf die Transferleistungen erwartungsgemäß dem Unterricht mit geringerer Strukturierung überlegen. Beide Gruppen unterschieden sich zudem signifikant von der Gruppe, die keinen Unterricht erhalten hatte (Möller et al. 2002).

Bei den offenen Antworten zeigte sich, dass Fehlkonzeppte von den Kindern im Posttest signifikant seltener verwendet wurden, während physikalisch angemessene Konzepte signifikant häufiger genannt wurden. Die Gruppe mit stärkerer Strukturierung war zudem der Gruppe mit geringerer Strukturierung im Hinblick auf die Nutzung physikalischer Konzepte signifikant überlegen (Jonen et al. 2003).

„Wie kommt es, dass ein schweres Schiff aus Eisen nicht untergeht?“

Vär leicht wegen den Luft	Das ligt Nicht an der luft das ligt auch Nicht an das glachgewicht es ligt an den Wasser
Wegen der vorm (Form)	So ein grozes Schiff Schwimmt weil es leichter als das verdrenkte Wasser ist. Dann kann das Wasser das Schiff noch tragen
Weil das Flach ist und aus Eisen gemacht ist!	Weil es so groß ist, wegen dem Wasser, weil das Wasser schwerer ist als das Schiff.
Auf dem Schiff ist ein Kapiten. Das Schiff trägt schwere sache. Zum beischbil Fische, Öl und Kole	Das Wasser will auf sein alten Platz zurück, und das Wasser drückt ihn nach oben.
Weil Störpor in das Schiff gelegt wirt und viel Luft ist.	Weil das Schiff leichter ist wie das Weckedengte (weggedrängte) Wasser ist
So ein Schiff hat einen Motor und der Motor treibt das Schiff.	Das Wasser drückt das Schiff hoch, weil das Schiff leichter als das weggedrängte Wasser ist.
Weil in dem Schiff ganz viel Luft ist, und Luft schwimmt.	Weil das Schiff leichter ist, als genauso viel Wasser. Der Wasserdruck ist wichtig. In dem Schiff ist viel Luft. Weil das Schiff viel Wasser wegdrängt, und das Wasser möchte seinen Platz wiederhaben, und drückt das Schiff nach oben
Weil vielleicht im Schiff Luft drin ist oder weil es bestimmte Motoren hat.	Das Schiff drängt ja Wasser weg und dieses Wasser trägt das Schiff, .. weil das Wasser schwerer und stärker ist hat es mehr Kraft das Schiff zu tragen. Wenn das Wasser weniger wiegt als das Schiff dann würde das Schiff untergehen.

Tab. 2: Offene Antworten von Kindern aus dritten Grundschulklassen vor und nach dem Unterricht

Außerdem lernten die leistungsschwächeren Kinder im Unterricht mit stärkerer Strukturierung mehr hinzu als im Unterricht mit geringerer Strukturierung. Die leistungsstärkeren Schüler unterschieden sich dagegen nicht in beiden Unterrichtsformen, was darauf hindeutet, dass Kinder mit guten Lernvoraussetzungen gleichermaßen von beiden Unterrichtsformen profitieren (Möller et al. 2002).

Für das erworbene integrierte Verständnis, das durch den gleichzeitigen Abbau von Fehlvorstellungen und den Aufbau adäquater Vorstellungen gekennzeichnet ist, zeigte sich folgende Langzeitwirkung: Während sich das erworbene integrierte Verständnis direkt nach dem Unterricht zwar von der Basisgruppe, nicht aber zwischen den beiden unterrichteten Gruppen unterschied, zeigte sich nach einem Jahr neben einer signifikanten Überlegenheit beider Unterrichtsgruppen gegenüber der nicht unterrichteten Basisgruppe auch eine signifikante Überlegenheit des stärker strukturierten Unterrichts im Vergleich zu dem geringer strukturierten Unterricht. Während die Gruppe mit dem stärker strukturierten Unterricht vom Post zum Follow-Up-Test keinen signifikanten Abfall im integrierten Verständnis aufwies, wies die Gruppe mit geringerer Strukturierung einen signifikanten Abfall auf (Hardy et al. 2006). In den offenen Antworten zeigte sich in Bezug auf die Langzeitwirkung, dass die Gruppe mit stärkerer Strukturierung signifikant weniger Fehlkonzeppte und signifikant mehr anspruchsvolle wissenschaftliche Konzepte produzierte als die Gruppe mit geringerer Strukturierung im Unterricht. Zurückzuführen ist dieser Effekt in der OHNE-Gruppe auf das signifikante Ansteigen von Fehlkonzeppten nach dem Unterricht bis zur Follow-up-Messung nach einem Jahr. Mit anderen Worten: Durch den Unterricht abgebaute Fehlkonzeppte erschienen in der OHNE-Gruppe nach einem Jahr wieder, während die MIT-Gruppe nachhaltig Fehlkonzeppte abbauen konnte (Hardy et al. 2006).

- *Ergebnisse bzgl. motivationaler und selbstbezogener Wirkungen:*

Insgesamt war die Lernzufriedenheit mit beiden Unterrichtsformen ausgesprochen hoch. Zwischen beiden Unterrichtsgruppen gab es aber – entgegen der weit verbreiteten Erwartung, dass ein offener, schülerorientierter Unterricht eher den Bedürfnissen von Kindern entgegen kommt als ein stärker strukturierter Unterricht – keinen Unterschied in der empfundenen Lernzufriedenheit. Erstaunlicherweise war auch die Einschätzung der eigenen Freiräume im Unterricht und die empfundene Eigenbeteiligung in beiden Gruppen gleich: Die Schüler hatten in beiden Gruppen das ausgeprägte Gefühl, eigene Ideen einbringen zu können, selbst etwas herausfinden zu können, ausgiebig miteinander über die Ideen sprechen zu können und viele Experimente machen zu dürfen. Auch im Hinblick auf das nach dem Unterricht vorhandene Interesse gab es keinen Unterschied zwischen den Gruppen mit stärkerer bzw. geringerer Strukturierung im Unterricht. Deutliche Unterschiede, und zwar zugunsten der stärker strukturierten unterrichteten Gruppe, ergaben sich im Hinblick auf die selbstbestimmte Motivation, auf die empfundene Kompetenz, das empfundene Engagement und die entwickelte Erfolgszuversicht. Offensichtlich wurden die Kinder im Unterricht mit der stärkeren Sequenzierung und der strukturierteren Gesprächsführung stärker unterstützt, so dass sie mehr Kompetenz erleben konnten, sich stärker engagiert erlebt hatten, stärker motiviert waren und auch mehr Zuversicht ausbildeten, ein ähnliches Thema mit Erfolg im Unterricht bearbeiten zu können (Blumberg et al. 2003). Weitere Analysen zeigten, dass dieser Effekt vor allem durch die leistungsschwächeren Schüler zustande kam, die sich im MIT-Unterricht signifikant stärker kompetent und engagiert, höher motiviert und erfolgszuversichtlicher einschätzten als im OHNE-Unterricht, während sich für die leistungsstärkeren Kinder kein Unterschied in den Unterrichtsgruppen ergab (Blumberg et al. 2004).

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass ein anspruchsvoller, auf den Erwerb physikalischer Konzepte ausgerichteter Unterricht keineswegs eine Überforderung für Grundschul Kinder darstellt, wenn er Kindern Gelegenheit gibt, Ideen zu entwickeln und zu überprüfen, wichtige Erfahrungen zu machen und Fragestellungen zu bearbeiten, die Kinder interessieren. Auch in motivationaler Hinsicht stellt ein Unterricht, wie der hier geschilderte, keine Überforderung dar, was vor allem durch die hohe Lernzufriedenheit bestätigt wird. Andererseits zeigen die

Ergebnisse, dass ein auf Selbst-Konstruktion von Wissen angelegter Unterricht auf unterstützende und strukturierende Maßnahmen angewiesen ist. Dieses trifft insbesondere für leistungsschwächere Schüler zu. Strukturierende Maßnahmen in schülerorientierten Lernumgebungen scheinen sich bei anspruchsvollen Inhalten positiv auf den nachhaltigen Abbau von Fehlkonzepten, auf den Aufbau wissenschaftsnaher Vorstellungen, auf die Anwendbarkeit von Wissen und auf die nachhaltige Integration von Wissen auszuwirken. Zudem fördern sie durch angemessene und dosierte Hilfen das Erleben von Kompetenz sowie von Engagement und wirken sich positiv auf die Motivation der Lernenden aus.

Ein Blick in die Unterrichtspraxis: Können bzw. konnten sich konstruktivistisch orientierte Curricula im naturwissenschaftlichen Unterricht der Primarstufe etablieren?

Konstruktivistisch orientierte Ansätze für den Primarbereich sind in vielen Ländern sowohl auf theoretischer Ebene (Harlen 2005, Worth 2005, Möller 2001) sowie auf bildungspolitischer Ebene (z.B. Perspektivrahmen Sachunterricht 2002, "National Science Education Standards", „Ontario Curriculum“, Lehrplan Südafrika, Berner Lehrplan) vorhanden. Das gilt sowohl für die Industrieländer wie auch für Entwicklungsländer, in denen konstruktivistische Orientierungen begrifflich häufig unter dem Stichwort „Active Learning“ gefasst werden. „Active Learning“ soll dabei allerdings nicht verstanden werden als eine Beschränkung auf Aktivismus. In den "National Science Education Standards" wird formuliert: *"Learning science is something that students do, not something that is done to the... Hands-on activities are not enough - students also must have "minds-on" experiences. Science teaching must involve students in inquiry-oriented investigations in which they interact with their teachers and peers..."* (National Science Education Standards, Chapter 2)

Bei soviel Einigkeit verwundert es, wenn konstruktivistisch orientierte Lehrmittel in England wie auch in den USA zumindest längerfristig nicht Fuß fassen konnten. Die Arbeitsgruppe um Wynne Harlen und Paul Black gaben zu Anfang der 90er Jahre das Werk SPACE („Science Processes and Concept Exploration“) in mehreren Bänden mit Forschungsergebnissen zu Präkonzepten und Lernfortschritten zu den gängigen Themen des „Primary Science“ Unterrichts heraus (z.B. Sound, Evaporation and Condensation, Forces). Das Projekt war am „CRIPSAT“ („Centre for Research in Primary Science and Technology“ an der University of Liverpool) und am Centre for Educational Studies, King's College London, angesiedelt. Auf der Basis dieser Forschungsergebnisse wurde das konstruktivistisch orientierte Unterrichtswerk „Nuffield Primary Science“ („Start where the children are“) der Nuffield Foundation in den 90er Jahren entwickelt. Inzwischen sind beide Werke schon „out of print“ – das Unterrichtswerk konnte sich an den Schulen nicht etablieren, da es nicht strikt auf die „National Tests“ bezogen war. Ähnlich geht es dem Unterrichtswerk INSIGHTS, das vom EDC Boston unter Leitung von Karen Worth für die USA entwickelt wurde und einen konstruktivistischen Ansatz verfolgt. Auch dieses Werk konnte sich auf dem Markt nicht etablieren – stattdessen werden stärker lernzielorientierte Curricula wie z.B. das „FOSS Science Curriculum“ in den Schulen genutzt. Ein ebenso grundlegend konstruktivistisch orientiertes Lehrmittel geben die Kantone Aargau und Bern in der Schweiz heraus, das Lehrmittel „Mensch-Natur-Mitwelt“ im Bereich Natur und Technik von der 1. bis zur 6. Klasse. Die an die Lehrkräfte gestellten Anforderungen sind hoch – ob es sich in der Schulpraxis etablieren kann, wird abzuwarten sein. Dem Klassenkistenprojekt der Universität Münster (Möller 2005, 2007) liegt ebenso ein konstruktivistisch orientierter Ansatz zugrunde.

Auf welche Schwierigkeiten trifft der Versuch, konstruktivistische Ansätze im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule zu etablieren?

Problem 1: Mangel an notwendigen Materialien

Naturwissenschaftlicher Unterricht in den Grundschulen ist auf „Hands-on“-Erfahrungen angewiesen. Der Umgang mit Materialien und Experimenten vermittelt Phänomenerfahrungen und ermöglicht das Überprüfen von Vermutungen. Anders als in der weiterführenden Schule sollen in der Primarstufe dabei möglichst alle Lernenden die Möglichkeit haben, entsprechende Erfahrungen zu machen. Ein Unterricht an Stationen in Einzel-, in Partner- oder Gruppenarbeit ist deshalb häufig. Bei den meisten in den Grundschulen eingesetzten Materialien handelt es sich dabei um sog. Alltagsmaterialien, die ein Experimentieren und Erproben auch über den Unterricht hinaus möglich machen. Das Zusammensuchen der benötigten Materialien wie auch die Unterrichtsorganisation ist aber ausgesprochen zeitaufwändig, weil nur die wenigsten Schulen über eine Grundausstattung mit geeigneten Experimentiermaterialien verfügen. Ein derartiger Unterricht ist deshalb auf das Organisationstalent und das Engagement der Lehrenden angewiesen. Bereits seit den 70er Jahren werden – um diesem Problem zu begegnen – in vielen Ländern sog. „Science Kits“ angeboten, um den Vorbereitungsaufwand zu verringern. Die Qualität dieser Kisten ist allerdings sehr unterschiedlich.

Problem 2: Erforderliche Kompetenzen auf der Seite der Lehrkräfte

Weltweit sind „Primary Science“ Lehrkräfte eher Generalisten als Spezialisten. Das trifft auch für die Länder in Europa, z.B. auch für England, zu. Deutschland nimmt dagegen eine relative Sonderstellung ein, weil zumindest in den meisten Bundesländern an Hochschulen für den Bereich Sachunterricht ausgebildet wird. Allerdings kann in vielen Studiengängen der Bereich der sog. harten Naturwissenschaften und der Technik umgangen werden. Es fehlt deshalb häufig am fachlichen Wissen sowie am pädagogisch-fachspezifischen Wissen. Hinzu kommt, dass in sehr vielen Grundschulen der Sachunterricht fachfremd erteilt wird. Ein konstruktivistisch orientierter Unterricht erfordert aber fachliche Kenntnisse, Kenntnisse über typische Präkonzepte und resultierende Lernschwierigkeiten sowie über angemessene Förder- und Unterstützungsmöglichkeiten im Lernprozess. Viele Lehrkräfte haben zudem selbst eine ausgesprochen passive Vorstellung vom Lernen von Naturwissenschaften – ein konstruktivistisch orientierter Unterricht setzt deshalb auch Veränderungen in den Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei den Lehrkräften voraus. Zu bedenken ist auch noch, dass ca. 80 % der Primarschullehrkräfte – nicht nur in Deutschland – Frauen sind. Häufig haben sie ein getrübt Verhältnis zu den Naturwissenschaften seit ihrer eigenen Schulzeit, das sich in geringem Interesse und in einem niedrigen Fähigkeitsselbstbild niederschlägt (Worth 2005, Möller 2004).

Dem Bereich der Aus- und Fortbildung kommt deshalb besondere Bedeutung zu. Wir konnten in zwei Untersuchungen nachweisen, dass sich spezifische Fachdidaktikmodule, die an „Conceptual-Change“-Theorien und an konstruktivistischen Sichtweisen zum Lernen und Lehren orientiert waren und das Lernen und Lehren von Naturwissenschaften in der Primarstufe thematisierten und erforschten, sich nicht nur positiv auf Vorstellungen zum Lehren und Lernen auswirkten, sondern sich auch im Unterrichtshandeln der Lehrkräfte und in Leistungsfortschritten der Lernenden niederschlugen (siehe Gais, Kleickmann und Vehmeier in diesem Band). Allerdings stellten wir dabei auch fest, dass es nicht ausreicht, Lehrkräften Unterrichtsmaterialien zur Verfügung zu stellen. Entscheidend scheint die tutorielle Begleitung der Aus- und Fortbildungsgruppen zu sein (Möller et al. 2006).

Problem 3: High Stake Assessment

In England werden zum Ende der Primarstufe auch im Fach „Science“ seit 1990 jährliche „National Tests“ mit einem „High Stake“-Charakter durchgeführt. Die am EPPi Centre in London angesiedelte Assessment and Learning Research Synthesis Group führte unter der Leitung von Harlen und Crick (2002) einen Forschungsblick zur Frage der Auswir-

kungen von Assessment-Praktiken und Tests durch. Ein Ergebnis mit hoher Evidenz war, dass „High stake“-Tests zu einem Unterrichtsstil führen, der eher durch die Transmission von Wissen gekennzeichnet ist (Harlen und Crick 2002, p. 66). Eigene Beobachtungen im naturwissenschaftlichen Primarstufen-Unterricht in England zeigten eine deutliche Ausrichtung des Unterrichts auf die Durchführung von Tests, die Betonung von deklarativem Wissen und – insbesondere am Ende der Primarstufe – einen stark zielorientierten, engführenden Unterricht. In Gesprächen mit Schulleitungen und Schulaufsicht wurde bestätigt, dass konstruktivistische Ansätze aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht in England an Bedeutung verloren haben. Ähnliche Entwicklungen berichtete Karen Worth für die USA bei einem Gespräch im Educational Development Centre in Boston im Jahre 2005. Als mögliches Problem sollte deshalb festgehalten werden, dass konstruktivistisch orientierte Ansätze, wie schülerorientierter Unterricht, „Active Learning“, „Problemsolving“ und „Inquiry Learning“ in den Hintergrund geraten könn(t)en, wenn die das sog. „teaching to the test“ zum bestimmenden Element des Unterrichts wird.

Problem 4: Das Lern-Verständnis vieler Curriculumentwickler

Im Grundschulbereich trifft man häufig auf Unterrichtsvorschläge, die nach dem folgenden Schema funktionieren: Kinder führen bestimmte Aktivitäten aus, beobachten und protokollieren – am Ende des Unterrichts gibt die Lehrkraft (oder das Schulbuch) dann die Erklärung. Ein Nachdenken ist nicht mehr erforderlich – das anspruchsvolle Schlussfolgern aus den durchgeführten Versuchen wird den Kindern abgenommen. Häufig sind diese Erklärungen dann noch in kindgemäße Formulierungen „verpackt“, um sie so besser verdaubar zu machen. Verstehendes Lernen wird allerdings so nicht erreicht. Dass Lernen eine häufig langwierige und mühsame Veränderung von Vorstellungen bedeutet, die aktiv von den Lernenden durchgeführt werden müssen, lassen solche Ansätze außer Acht. Es reicht aus, dass die Kinder Freude empfinden und über die Versuche staunen.

Perspektiven für die Implementierung einer naturwissenschaftlichen Bildung in der Grundschule in Deutschland

Ob sich langfristig ein konstruktivistisch orientierter Unterricht in den Grundschulen implementieren lässt, ist noch nicht absehbar. Was können wir tun?

- Zunächst sollten wir uns – um ein erneutes „Roll-back“ zu verhindern – mit den Gründen für das Scheitern der ersten Implementierungswelle naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts auseinandersetzen, um Fehler aus den 70er Jahren bei der erneuten Implementierung zu vermeiden. Dazu gehört ein kritischer Blick auf die damals entwickelten Curricula und die mit deren Implementierung verbundenen, internationalen Forschungsergebnisse.
- Um Grundschüler in der Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens und Wissens angemessen fördern zu können, sollten wir forschungsbasiert Unterrichtsentwicklung betreiben und Unterricht evaluieren – nur so lässt sich ein anspruchsvoller, weder unter noch überfordemder, Unterricht gestalten. Die Evaluation sollte sich dabei auf eine multikriteriale Erreichung motivationaler, selbstbezogener wie auch kognitiver Ziele richten.
- In Anlehnung an internationale Entwicklungen sollten wir uns um ein abgestimmtes Curriculum für den Kindergarten, die Grundschule und die weiterführende Schule bemühen. Ansätze dazu gibt es in der GDCP Arbeitsgruppe Grundschule/Sekundarstufe I: Diese Arbeitsgruppe entwickelt Vorschläge für eine curriculare Abstimmung zwischen der Grundschule und der Orientierungsstufe (vgl. Beitrag von Lydia Murmann in diesem Band).
- Bei der Überprüfung des Gelehrten sollte es weniger auf deklaratives Wissen als auf prozedurale Fähigkeiten wie auch auf verstandenes und anwendungsfähiges Wissen ankommen. Assessment-Verfahren sollten möglichst nicht von außen gesteuert werden, sondern in den Unterricht integriert werden.

- In der LehrerInnenausbildung sollte an einer Veränderung der Vorstellungen zum Lernen und Lehren im naturwissenschaftlichen Unterricht gearbeitet werden: Von einem stärker rezeptiven Verständnis hin zu einem kognitiv-konstruktiven Verständnis von Lernen. Veranstaltungen sollten zudem Verstehenserlebnisse für Studierende und Lehrkräfte ermöglichen, um die Vorbehalte gegenüber den ungeliebten naturwissenschaftlichen Fächern zu verringern. Intensiv sollten wir uns bemühen, die Entwicklung fachlicher und diagnostischer Kompetenzen wie auch die Entwicklung von Förderkompetenzen bei künftigen Grundschullehrkräften zu unterstützen.
- Die Wirksamkeit entsprechender Aus- und Fortbildungsprogramme bedarf der Überprüfung: Erreichen solche Programme Veränderungen im Wissen, in den Emotionen und im Handeln von Lehrkräften? Wirken sich solche Veränderungen auch auf der Schülerseite aus? Gibt es Merkmale erfolgreicher Fortbildungs- und Ausbildungsprogramme? Wie lassen sich Innovationen verbreiten?
- Wir sollten das Bemühen um eine Intensivierung der frühen naturwissenschaftlichen Bildung nicht Fachwissenschaftlern und Wirtschaftsverbänden überlassen, sondern als DidaktikerInnen und Lehr-LernforscherInnen die *Qualität* des naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts thematisieren und erforschen. Auf dem Markt existieren zur Zeit viele Materialien für den naturwissenschaftlichen Grundschul-Unterricht, die aus lernpsychologischer, didaktischer wie auch aus pädagogischer Perspektive nicht haltbar sind. Eine normativ und forschungsbasiert begründete Entwicklung von Curricula, die Wirkungsprüfungen einbezieht und dabei multikriteriale Ziele berücksichtigt, befindet sich allerdings erst in den Anfängen. Es ist zu hoffen, dass sich Forschungsverbände von Psychologen, Fachdidaktikern und Pädagogen in Zukunft dieses Feldes verstärkt annehmen.

Vielleicht gelingt es uns so, einen kognitiv anspruchsvollen und motivierenden Grundschulunterricht in der Zukunft zu etablieren, ohne von einem erneuten „Roll-Back“ erfasst zu werden. Vielleicht gelingt es uns auch, das Interesse, das Kompetenzerleben wie auch die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten von Kindern durch naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht nachhaltig zu fördern. Hoffentlich bleibt es uns erspart, irgendwann resigniert zu formulieren: „It is better to have no science than bad science in the Primary School“. Dieses Zitat stammt von einem englischen Kollegen, der sich besorgt über die derzeitige Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts in englischen „Primary Schools“ äußerte.

Literatur:

- ADAMINA, M., MÜLLER H. (2000): Lernwelten Natur-Mensch-Mitwelt. Grundlagenband zur Lehrmittelreihe. Bern.
- 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 Anknüpfungspunkte im Sachunterricht. Bad Heilbrunn, 77-92.
- BLUMBERG, E., MÖLLER, K., HARDY, I. (2004): Erreichen motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen in einem schülerorientierten naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – Bestehen Unterschiede in Abhängigkeit der Leistungsstärke? In: W. Bos, E.-M. Lanke, N. Plaßmeier, K. Schwippert (Hrsg.): Heterogenität – Eine Herausforderung an die empirische Bildungsforschung. Münster, 41-55.
- 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.
- BLASEIO, B. (i. Druck): Sachunterricht in den EU-Staaten. In: J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, D. von Reeken, S. Wittkowske (2007): Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn.
- BLISS, J., ASKEW, M., MACRAE, S. (1996): Effective teaching and learning. Scaffolding revisited. In: Oxford review of education, Bd. 22 (1), 37 – 61.
- BULLOCK, M., ZIEGLER, A. (1999): Scientific reasoning. Developmental changes and individual differences. In: F.E. Weinart, W. Schneider (Hrsg.): Individual development between three and twelve. Findings from a longitudinal study. Cambridge.
- CAREY, S. (1985): Conceptual change in childhood. Cambridge.

- DAVIS, E., MIYAKE, N. (2004): Explorations of scaffolding in complex classroom systems. In: *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 265-272.
- DEUTSCHER BILDUNGSRAT (1972): Empfehlungen der Bildungskommission. Strukturplan für das Bildungswesen. Stuttgart.
- DRIVER, R., GUESNE, E., TIBERGHIEN, A. (Hrsg.) (1985): *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes.
- DUIT, R., TREAGUST, D. F. (1998): Learning in science – From behaviourism towards social constructivism and beyond. In: B. J. Fraser, K. G. Tobin (Hrsg.): *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Boston, London, 3-26.
- 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.
- GERSTENMAIER, J., MANDL, H. (1995): Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 867-887.
- GESELLSCHAFT FÜR DIDAKTIK DES SACHUNTERRICHTS (GDSU) (Hrsg.) (2002): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn.
- 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“. In: *Journal of Educational Psychology*, 98 (2), 307-326.
- HARLEN, W. (2005): The role of assessment in the implementation of science in the primary school. In: *Science is Primary. Proceedings of the 2004 European Conference on Primary Science and Technology education*. Amsterdam, 27-48.
- HARLEN, W., DEAKIN, C. R. (2002): A systematic review of the impact of summative assessment and tests on students' motivation for learning. In: *Research Evidence in Education Library*. London: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education, University of London. 8 (als PDF-Datei erreichbar unter: <http://eppi.ioe.ac.uk/cms/Default.aspx?tabid=221#Review1>)
- HOGAN, K., PRESSLEY, M. (1997): Scaffolding scientific competencies within classroom communities of inquiry. In: K. Hogan, M. Pressley (Hrsg.): *Scaffolding student learning: Instructional approaches and issues*. Louisville, 74-107.
- JANKE, B. (1995): Entwicklung naiven Wissens über den physikalischen Auftrieb: Warum schwimmen Schiffe? In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 172, 122-138.
- JASMIN, D. (2005): Science education of children in France (and elsewhere). In: *Proceedings of the 2004 European Conference on Primary Science and Technology education*. Amsterdam, 49-55.
- JONEN, A., HARDY, I., MÖLLER, K. (2003): Schwimmt ein Holzbrett mit Löchern? – Erklärungen von Kindern zum Schwimmen und Sinken verschiedener Gegenstände vor und nach dem Unterricht. In: A. Speck-Hamdan, H. Brügelmann, M. Fölling-Albers, S. Richter (Hrsg.): *Kulturelle Vielfalt. Religiöses Lernen*, Jahrbuch Grundschule, Bd. 4. Seelze, 159-164.
- KARNICK, R. (1968): „Warum kann ein Dampfer schwimmen?“ Physik im 3. Schuljahr. In: *Die Grundschule*, 1, Heft 3, 15-26.
- KARLUS, R., THIER, H. (1969): A new look at „Elementary School“ Science. *Science curriculum improvement study*. Chicago.
- KLEWITZ, E. (1989): Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts. Eine Untersuchung von Unterrichtsmodellen am Beispiel von „Schwimmen und Sinken“ vor dem Hintergrund der genetischen Erkenntnistheorie Piagets, *Naturwissenschaften und Unterricht*, Bd. 3. Essen.
- KÖHNLEIN, W. (1984): Die Hinwendung zu einem naturwissenschaftlich orientierten Sachunterricht in der Grundschule. In: H. F. Bauer, Herbert F., W. Köhlein (Hrsg.): *Problemfeld Natur und Technik*. Bad Heilbrunn, S. 23-37
- KÖHNLEIN, W. (1996): Leitende Prinzipien und Curriculum des Sachunterrichts. In: E. Glumpler, S. Wittkowske (Hrsg.): *Sachunterricht heute. Zwischen interdisziplinärem Anspruch und traditionellem Fachbezug*. Bad Heilbrunn.
- KÖHNLEIN, W. (1999): Vielperspektivität und Ansatzpunkte naturwissenschaftlichen Denkens. Analysen von Unterrichtsbeispielen unter dem Gesichtspunkt des Verstehens. In: W. Köhlein, B. Marquardt-Mau, H. Schreiber (Hrsg.): *Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn, 88-124.
- 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.
- LAUTERBACH, R. (2001): „Science – A Process Approach“ revisited – Erinnerungen an einen „Weg in die Naturwissenschaft“. In: W. Köhlein, H. Schreiber (Hrsg.): *Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen, Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts*. Bd. 4. Bad Heilbrunn, 103-131.
- LEICHT, W. H. (1973): *Physik und Chemie in der Grundschule. Lehrerhandbuch. 3. Jahrgangsstufe*. München.
- MÖLLER, K. (1991): *Handeln, Denken und Verstehen. Untersuchungen zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht in der Grundschule, Naturwissenschaften und Unterricht – Didaktik im Gespräch*. Bd. 9. Essen.
- MÖLLER, K. (1999): Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: W. Köhlein (Hrsg.): *Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht, Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts*, Bd. 3. Bad Heilbrunn, 125-191.
- MÖLLER, K. (2001): Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In: Czerwenka, Kurt; Nölle, Karin; Roßbach, Hans-Günther (Hrsg.): *Forschungen zu Lehr- und Lernkonzepten für die Grundschule, Jahrbuch Grundschulforschung*, Bd. 4. Opladen, 16-31.
- MÖLLER, K. (2004): Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In: Merkena, Hans (Hrsg.): *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen, Schriften der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft*. Opladen, 65-84.
- MÖLLER, K. (Hrsg.) (2005): *Die KINT-Boxen – Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik. Klassenkisten für den Sachunterricht*. Jonen, A.; Möller, K.: *Paket 1: Schwimmen und Sinken*. Essen.
- MÖLLER, K. (Hrsg.) (2007): *Die KINT-Boxen – Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik. Klassenkisten für den Sachunterricht*. Möller, K., Baumann, S., Henry, W., Nachtigäller, I.: *2. Paket: Luft und Luftdruck*. Essen.
- MÖLLER, K., JONEN, A., HARDY, I., STERN, E. (2002): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: M. Prenzel, J. Doll (Hrsg.): *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. 45. Beiheft der Z.f.Päd. Weinheim, Basel, 176-191.
- MÖLLER, K., HARDY, I., JONEN, A., KLECKMANN, T. (2006): Naturwissenschaften in der Primarstufe – Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In: M. Prenzel, L. Allolio-Näcke (Hrsg.): *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms BiQua*. Münster, 161-193.
- PEA, R. (2004): The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. In: *The Journal of the Learning Sciences*, 13, 423-451.
- REINMANN-ROTHEMEIER G., MANDL, H. (1999): *Instruktion*. In: C. Perleth, A. Ziegler (Hrsg.): *Pädagogische Psychologie. Grundlagen und Anwendungsfelder*. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle, 207-215.
- REISER, B. (2004): Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. In: *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 273-304.
- ROTH, H. (Hrsg.) (1969): *Begabung und Lernen. Ergebnisse und Folgerungen neuer Forschungen*, Deutscher Bildungsrat. Gutachten und Studien der Bildungskommission, Bd. 4) Stuttgart.
- SCHWARTZ, E. (1977). *Heimatkunde oder Sachunterricht? Keine Alternative!* In: E. Schwartz (Hrsg.): *Von der Heimatkunde zum Sachunterricht*. Braunschweig, 9-23.
- SCHWEDES, H. (Hrsg.) (1975): *Zeit. Naturwissenschaftlicher Unterricht Primarstufe – Bausteine für ein offenes Curriculum*. Stuttgart.
- SCHWEDES, H. (2001): Das Curriculum Science 5/13 – Sein Konzept und seine Bedeutung. In: W. Köhlein, H. Schreiber, (Hrsg.): *Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen, Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts*, Bd. 4. Bad Heilbrunn, 133-152.
- SIEGLER, R. S. (1996): *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York.
- SODIAN, B. (1995). Entwicklung bereichsspezifischen Wissens. In: R. Oerter, L. Montada (Hrsg.): *Entwicklungspsychologie*. Weinheim, 622-653.
- SOOSTMEYER, M. (1988): *Zur Sache Sachunterricht*. Frankfurt a. M., Berlin, Bern, New York, Paris, Wien.
- SOOSTMEYER, M. (1979): Vermittlung der Elemente der pädagogischen Konzeption der Kindheit mit dem Prinzip der Wissenschaftsorientierung - Probleme der Konstituierung des naturwissenschaftlichen Lernbereichs in der Primar- und Orientierungsstufe. In: *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe*, H. 5, 6 und 7.
- SPACE (Science Processes and Concepts exploration): *Verschiedene Themenbände 1990 –1998*. Liverpool.
- SPRECKELSEN, K. (1997): Phänomenkreise als Verstehenshilfe. In: W. Köhlein, B. Marquardt-Mau, H. Schreiber (Hrsg.): *Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt, Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts*, Bd. 1. Bad Heilbrunn, 111-127.
- SPRECKELSEN, K. (2001): SCIS und das Konzept eines strukturbezogenen naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule. In: W. Köhlein, H. Schreiber (Hrsg.): *Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen, Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts*, Bd. 4. Bad Heilbrunn, 85-102.
- SPRECKELSEN, K., TÖTKEN, H. (Hrsg.) (1970): *Zielsetzung und Struktur des Curriculum*. Frankfurt.
- STERN, E. (2002): Wie abstrakt lernt das Grundschulkind? Neuere Ergebnisse der entwicklungspsychologischen Forschung. In: H. Petillon (Hrsg.): *Individuelles und soziales Lernen in der Grundschule – Kindperspektive und pädagogische Konzepte, Jahrbuch Grundschulforschung*, Bd. 5. Opladen, 27-42.

- 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., LOCK, 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.
- TYTLER, R. W. (1994): Children's explanations in science: A study of conceptual change. Unpublished doctoral thesis. Melbourne.
- VOSNIADOU, S., IOANNIDES, C., DIMITRAKOPOULOU, A., PAPADEMETRIOU, E. (2001): Designing learning environments to promote conceptual change in science. Learning and Instruction, 15, 317-419.
- WOOD, D., BRUNER, J., ROSS, G. (1976): The role of tutoring in problem solving. In: Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines, 17, 89-100.
- WORTH, K. (2005): Curriculum and professional development: critical components on elementary science education reform. In: Science is Primary. Proceedings of the 2004 European Conference on Primary Science and Technology education. Amsterdam, 11-25.

Lehrpläne/ Bildungsstandards:

- Australien/ Neuseeland: Curriculum Frameworks and Syllabuses:
<http://www.curriculum.edu.au/fineprint/frameworks.php>
- England: National Curriculum for England (1999):
<http://www.nc.uk.net/webdav/harmonise?Page/@id=6016>
- Kanada: Ontario Curriculum (Grade 1 to grade 8) (1998):
<http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/elementary/scientec18curr.pdf>
- USA: AAAS: Project 2061:
<http://www.project2061.org/about/default.htm>
- USA: AAAS: Science for all Americans (1989):
<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- USA: AAAS: Benchmarks for Science Literacy (1993):
<http://www.project2061.org/publications/bsl/online/bolintro.htm>
- USA: National Science Education Standards (1996)
<http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/pdf/index.html>
- USA: National Content Standards (Kap. 6):
<http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/6a.html#rationale>
- Schweiz: Lehrplan für die Volksschule des Kantons Bern zum Bereich Natur-Mensch-Mitwelt (1999):
http://www.erz.be.ch/site/04_nmm.pdf
- Singapur: Lehrplan Singapur (Science Syllabus Primary P3-6) (2001):
http://www.moe.gov.sg/cpdd/doc/Science_Pri.pdf
- Südafrika: Revised National Curriculum zur Learning area "Natural sciences" South Africa (2002):
<http://www.education.gov.za/Curriculum/GET/doc/natural.pdf>

Unterrichtswerke/Materialien/Programme u.ä.:

- Arbeitsgruppe für Unterrichtsforschung (1971): Weg in die Naturwissenschaft. Ein verfahrensorientiertes Curriculum im 1. Schuljahr. Stuttgart.
- FOSS: Science Curriculum Materialien:
<http://www.fossweb.com/>
- Informationen über das Programm „science and technology for all“= „Naturvetenskap och Teknik för alla“ (NTA) in Schweden:
<http://www.edu.linkingping.se/itis/kompetensutveckling/semht02/..%5C..%5C..%5Cpedagogisktcentrum/gr/nta/english.htm>
- „Science- A Process Approach“: Auflistung der SAPA-Materialien, Series I-V (1963-1983):
<http://archives.aaas.org/aids/SAPA.php#series1>
- Karplus, R., Theri, H. D. (1967): A New Look at Elementary School Science. Chicago.
- La main a la pate (France):
<http://www.lamap.fr/>
- Nuffield Junior Science, William Collins Sons, Co Ltd (1967);
http://www.nuffieldcurriculumcentre.org/go/minisite/OurHistory/Page_162.html
- Schemes of work England (1998):
<http://www.standards.dfes.gov.uk/schemes2/science/?view=get>
- Science 5/13: Unit(s) for Teachers. Published for the Schools Council. London/Milwaukee: Macdonald Educational, seit 1972 in vielen Auflagen. Auflistung aller Bände siehe:
<http://www.nap.edu/readingroom/books/rtes/5.html>

Spreckelsen, K. (1971 und Folgejahre): Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule. Lehrgang für den physikalisch-chemischen Unterricht. Frankfurt.

Konferenzen:

- 1st European Conference on Primary Science and Technology in Amsterdam (15.-16.10.2004):
<http://www.science.uva.nl/scienceisprimary/>
- 2nd European Conference on Primary Science and Technology in Stockholm (15.-17.10.2006):
<http://www.cienciaviva.pt/proiectos/scienceedu/conference.pdf>