

*Kornelia Möller*

## **Lernen im Vorfeld der Naturwissenschaften – Zielsetzungen und Forschungsergebnisse**

In der Entwicklung des Sachunterrichts nimmt das naturwissenschaftsbezogene Lernen eine besondere Rolle ein. Es gehörte in den siebziger Jahren zu den wesentlichen Feldern der Bildungsreform, zog wie kaum ein anderer Bereich sehr schnell eine kritische Auseinandersetzung um die Kindgemäßheit der neuen wissenschaftlichen Orientierung des Sachunterrichts auf sich und spiegelte in seiner Entwicklung ebenfalls wie kaum ein anderer Bereich gesellschaftliche, pädagogische und politische Einflussfaktoren auf den Sachunterricht wider.

Der folgende Beitrag versucht, wesentliche Reformideen der Bildungsreform in diesem Felde zu identifizieren und aus heutiger Sicht zu bewerten. Forschungsergebnisse werden herangezogen, um zentrale Fragen in der Auseinandersetzung um Wissenschaftsbezug und Kindgemäßheit zu thematisieren: Ist ein Unterricht im Vorfeld der Naturwissenschaften kindgemäß oder übersteigt er die Verstehensmöglichkeiten der Grundschul Kinder? Trägt er zu einem Verstehen alltagsweltlicher Phänomene bei oder führt er lediglich zu trägem Wissen? Kommt er den Interessen und Fragen der Kinder entgegen oder handelt es sich bei einem solchen Unterricht lediglich um eine Vorbereitung späteren fachlichen Lernens?

Aus der Analyse unseres heutigen Kenntnisstandes lassen sich Aufgaben und Perspektiven für die weitere Forschung zum Sachunterricht im Bereich des naturwissenschaftsbezogenen Lernens bestimmen. Die Innovationen aus der Zeit der Anfänge des Sachunterrichts erweisen sich dabei trotz aller Pendelschläge in den letzten dreißig Jahren noch immer als anregend und fruchtbar.

# 1. Reformideen zum Lernen im Vorfeld der Naturwissenschaften

Ein Rückblick auf den Strukturplan des Deutschen Bildungsrates von 1970 soll zeigen, dass die Grundgedanken der Bildungsreform zum naturwissenschaftsbezogenen Lernen in vielen Elementen bis heute ihre Aktualität nicht verloren haben. Häufig beklagte Fehlentwicklungen, wie z. B. die mangelnde Berücksichtigung kindlicher Denkweisen und Interessen in den sog. „wissenschaftsorientierten Curricula“ sind auf spezifische Bedingungen in der Umsetzung der Reformideen zurückzuführen – nicht auf die grundlegenden Innovationen. Da gerade diese Fehlentwicklungen zu extremen Positionswechseln in Bezug auf naturwissenschaftsorientiertes Lernen geführt haben, ist es wichtig, innovative Grundideen und spezifische Fehlentwicklungen gesondert zu erfassen.

## 1.1 Zielsetzung der Bildungsreform: Anspruchsvollere Lernprozesse in der Grundschule

Neuere Untersuchungen zum Bereich Begabung und Lernen (vgl. Roth 1970) aus der pädagogischen Psychologie waren der Hintergrund für die Forderung, bereits im Grundschulalter anspruchsvollere Lernprozesse zu ermöglichen, wozu auch die Anfänge der Naturwissenschaften in elementarisierte Form gehören sollten (vgl. *Deutscher Bildungsrat* 1972, S. 134). Die Lernprozesse sollten allerdings nicht zu einer Vorverlegung späterer Lernansprüche führen, sondern Anfänge darstellen, die weiterführendes Lernen begünstigen (S. 133).

Die in dieser Forderung enthaltene grundlegende *wissenschaftliche Orientierung* von Lernprozessen richtete sich vor allem gegen die damals vorherrschende anthropomorphisierende Aufbereitung von Inhalten im traditionellen Heimatkundeunterricht. Eine Vernachlässigung der Perspektive vom Kinde her war zumindest im Strukturplan nicht beabsichtigt: So wurde gefordert, an die Erfahrungswelt der Schüler anzuknüpfen (S. 135) und durch spielerische Lernformen dem Entwicklungsstand der Kinder zu entsprechen (S. 133). Den Fragen der Kinder wurde dabei durchaus Beachtung geschenkt: Sachunterricht sollte in

„einfache und grundlegende Denk- und Untersuchungsweisen (einführen), die im Anschluss an die Erlebnis- und Erfahrungswelt von Kindern dieses Alters deren Interessen erregen und die sie geklärt haben wollen.“ (S. 48)

Auch die Notwendigkeit einer *Individualisierung* der Lernprozesse wurde besonders hervorgehoben (S. 135). Das Prinzip der (inneren) Differenzierung sollte vor allem diagnostisch verstanden werden: als Ermittlung der individuellen Lernvoraussetzungen, um festzustellen, „wie beim einzelnen Kind die Anschlussbedingungen an die Lernprozesse gegeben sind“ (S. 134 f). Inhalte sollten so „dargeboten werden, dass sie an die Erfahrungswelt der Kinder anknüpfen ... und individuell verarbeitet werden (können).“ (S. 135)

Unter dem Aspekt des *prozessorientierten Lernens* wurden Formen des entdeckenden und problemlösenden Lernens wie auch selbstständige und kooperative Arbeitsformen hervorgehoben (S. 133). Dass produktives und kritisches Denken prinzipiell lehrbar und nicht begabungsabhängig ist, hob Roth (1970) in dem Band *Begabung und Lernen* deutlich hervor. Der für solche Lernformen notwendige, größere Zeitaufwand sollte „durch die Reduktion des Lehrstoffs eingespart werden“ (Roth 1970, S. 36).<sup>1</sup>

Die genannten „neuen“ Lehrformen verlangten auch nach einer gewandelten Lehrerrolle: Der Lehrer wurde beschrieben als „Erfinder und Planer von Problemsituationen ... , die die Eigeninitiative der Schüler herausfordern.“ (Deutscher Bildungsrat 1972, S. 134)

## 1.2 Die Umsetzung der Reformideen – eine „Krankengeschichte des Sachunterrichts“?

Aus den bis hierhin hervorgehobenen Äußerungen des Strukturplans des Deutschen Bildungsrates geht hervor, dass zwar eine Wissenschaftsorientierung in Bezug auf naturwissenschaftliche Inhalte und Lernformen beabsichtigt war, die Berücksichtigung kindlicher Erfahrungen, Interessen, Lern- und Denkweisen aber gleichwohl für notwendig erachtet wurde. Auch in den „Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule“<sup>2</sup>, die richtungweisend für die Entwicklung neuer Lehrpläne wurden, wird die Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Erscheinungen wie auch kindgemäßer Experimente im Sachunterricht gefordert, wobei Lernbedürfnisse und Lernerfordernisse (im Sinne weiterführenden Lernens) aufeinander abzustimmen seien (vgl. *Neuhaus-Siemon* 1991, S. 320).

---

<sup>1</sup> Die Befürwortung entdeckender Lehrverfahren muss auch auf dem Hintergrund der Theorien Bruners zum „discovery learning“ gesehen werden (Bruner 1981).

<sup>2</sup> Beschluss der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland 1970 (vgl. *Neuhaus-Siemon* 1991, S. 301-328)

Wie konnte es bei dieser relativ ausgewogenen Darstellung von Prinzipien für den neuen naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht zu den bekannten Fehlentwicklungen in den nächsten Jahren kommen?<sup>3</sup>

„Die Krankengeschichte“ des sog. wissenschaftsorientierten Sachunterrichts führt Schwartz (1977, S. 12) schon bald nach Beginn der Reform auf eine zu schnelle und zu einseitige Durchführung der Reformen wie auf die mangelnde Berücksichtigung von Lernvoraussetzungen und institutionellen Randbedingungen zurück. Wesentlich beeinflusst wurde die Realisierungsphase der Reform durch die im Strukturplan gegebenen Verweise auf die weiter fortgeschrittene amerikanische Curriculumentwicklung, die durch eine kontrollierte Übernahme für deutsche Verhältnisse nutzbar gemacht werden sollte. Explizit wurde auf die in Amerika entwickelten, lernzielorientierten Curriculumansätze „structures of the discipline“ und „process as content“ (S. 139) hingewiesen,<sup>4</sup> die mit definierten Lernzielen und -inhalten, erprobten Lehrverfahren und Instrumenten für die Lernerfolgsmessung wie auch mit Maßnahmen zur Lehrerbildung und -fortbildung ausgestattet waren (S. 140). Sie versprachen, die Realisierungschancen für die Reform zu erhöhen und die Lehrkräfte für produktive Aufgaben freizustellen (S. 140 f). Freiräume für entdeckende und problemlösende Lehrverfahren wie auch die Berücksichtigung individueller Lernerfahrungen, -bedürfnisse und Lernwege wurden in diesen lernstrategisch strukturierten Curricula wie auch in den entsprechenden deutschen Versionen<sup>5</sup> dagegen vernachlässigt. Schon kurz nach ihrem Erscheinen wurden die deutschen Versionen der „neuen“ Curricula heftig kritisiert; die Kritik ist in Bezug auf

---

<sup>3</sup> Auf die einzelnen Kritikpunkte soll im Rahmen dieses Beitrags nicht weiter eingegangen werden (vgl. hierzu z. B. Schwartz 1977; Neuhaus 1991; Soostmeyer 1978 und 1988; Beck und Claussen 1979).

<sup>4</sup> Erstaunlicherweise fanden, obwohl von Roth (1970, S. 39) im Band „Begabung und Lernen“ genannt, deutsche Konzeptionen zu einem explizit wissenschaftsorientierten *und* kindgemäßen Unterricht, zum Beispiel der mit dem Namen Wagenschein verknüpfte genetische Unterricht, keine Erwähnung im Strukturplan. Über die Gründe dieser ausschließlichen Orientierung des neuen Sachunterrichts an der amerikanischen Curriculumentwicklung kann man spekulieren. Sicherlich hatte die breite Amerikanisierung des damaligen gesellschaftlich-politischen Feldes einen Anteil daran; auch besaßen die den amerikanischen Ansätzen zu Grunde liegenden Lern- und Curriculumtheorien zur damaligen Zeit eine höhere Akzeptanz als spezifisch deutsche Problemlösungen. Hinzu kommt, dass grundschulspezifische Ansätze zum genetischen Lernen sensu Wagenschein noch kaum vorlagen; die von Siegfried Thiel veröffentlichten Tübinger Unterrichtsprotokolle erschienen erst 1973 (vgl. den Beitrag von Thiel in diesem Band).

<sup>5</sup> Vgl. die Beiträge von Spreckelsen, Lauterbach, Schwedes und Schüler in diesem Band.

die Geschlossenheit und die Vernachlässigung kindlicher Interessen und Denkweisen durchaus nachzuvollziehen.

### 1.3 Versuch einer Bilanz aus heutiger Sicht

Kann man von einem Scheitern der damaligen Reform sprechen?

Dass Grundschulkindern Möglichkeiten geboten werden sollten, sich mit Phänomenen und Problemfragen aus Natur und Technik auseinander zu setzen, wird im Prinzip auch heute nicht bestritten. Im Gegenteil: In Verbindung mit den Ergebnissen der *TIMS-Studien* und der Interessensforschung (Hoffmann u. a. 1997) wird in jüngster Zeit wieder verstärkt die Frage aufgeworfen, ob die Grundschule nicht stärker als bisher eine Lernbereitschaft für naturwissenschaftlich-technische Fragen fördern kann und sollte.

Die im Strukturplan herausgehobenen Formen des entdeckenden, problemorientierten und selbstständigen Lernens haben gerade in jüngster Zeit durch neuere Lerntheorien auf dem Hintergrund konstruktivistischer Ansätze (vgl. z. B. Gerstenmaier und Mandl 1995; Möller 1999 a) wieder an Aktualität gewonnen, nachdem die theoretische Diskussion um das entdeckende Lernen gegen Mitte der achtziger Jahre abgeflaut war.<sup>6</sup> Auch die Forderung, individuelle Lernvoraussetzungen zu ermitteln, um Inhalte so darzubieten, dass sie an die Erfahrungswelt des Kindes anknüpfen und individuell verarbeitet werden können, mutet vor dem Hintergrund der aktuellen Präkonzept- und Conceptual-Change-Forschung, die inzwischen insbesondere im naturwissenschaftlichen Lernfeld auf einen breiten Forschungshintergrund zurückgreifen kann (vgl. Duit 1995; Pfundt, Duit 1994), geradezu modern an.

Stützung durch neuere lerntheoretische Ansätze findet auch die Forderung, Fragen aufzugreifen, die das Interesse von Kindern erregen und die Kinder geklärt haben wollen, und – an diese Fragen anknüpfend – elementare und anschlussfähige Formen naturwissenschaftlichen Lernens und Denkens zu entwickeln. Die Theorie des situierten Lernens geht davon aus,

---

<sup>6</sup> Leider wurden die in den siebziger Jahren lernpsychologisch akzentuierten Untersuchungen zu entdeckenden bzw. gelenkt entdeckenden Lehrformen und zu entsprechenden Lernhilfen nicht im erforderlichen Ausmaß weitergeführt (vgl. hierzu den Beitrag von Einsiedler in diesem Band). Die statt dessen in der Grundschulpädagogik geführte Diskussion um offene Lernformen griff kognitive Komponenten des Wissenserwerbs nur am Rande auf; auch mangelte es in diesem Bereich an empirischen Untersuchungen (vgl. Einsiedler 1997; Brügelmann 1998).

dass Lerninhalte in Sinnzusammenhänge eingebettet sein müssen, die für Lernende einsichtig sind; authentische Kontexte fördern den Wissenstransfer und verhindern sog. träges Wissen (vgl. z. B. *Reinmann-Rothmeier, Mandl* 1998).

Die Ausführungen des Strukturplans zur „neuen“ Lehrerrolle finden ebenfalls fast wörtliche Entsprechungen in moderat *konstruktivistisch orientierten Lehr-Lernumgebungen* (vgl. *Dubs* 1995; *Reusser* 1999; *Möller* 2000 i. Dr.), in denen der Lehrer das Lernen unterstützen, nicht aber Ergebnisse vermitteln soll.

Auch die Grundideen der damaligen wissenschaftsorientierten Curricula, verfahrensorientiert bzw. konzeptorientiert zu unterrichten, sind für die weitere Entwicklung des Sachunterrichts bis heute anregend geblieben, da nur so die Fülle möglicher Inhalte sinnvoll reduziert und gründliches und verstehendes Lernen ermöglicht werden kann.

Ebenfalls aktuell erscheint die den Ausführungen des Bildungsrates zu Grunde liegende Einschätzung der *Lernfähigkeit* der Kinder. Neuere entwicklungspsychologische Forschungen haben inzwischen eindrucksvoll gezeigt, dass die geistige Entwicklung des Kindes bereichsspezifisch verläuft. Die Annahme von bereichsunabhängigen, kognitiven Entwicklungsstufen (sensu Piaget) kann in der bisher postulierten Schärfe nicht mehr aufrecht erhalten werden. So konnte gezeigt werden, dass bereits Grundschul Kinder in inhaltsreichen Wissensdomänen zu kausalem und schlussfolgerndem Denken in der Lage sind und kohärente und gehaltvolle Theorien zu naturwissenschaftlichen Phänomenen entwickeln (*Sodian, Thoermer* i. Dr.; *Bullock, Ziegler* 1999; *Sodian* 1995; *Janke* 1995). Die Diskussion um eine den Fähigkeiten und Interessen von Grundschulkindern nicht angemessene Trivialisierung des Sachunterrichts (vgl. *Schreier* 1989) gewinnt vor diesem Hintergrund neue Aktualität.

Gescheitert ist dagegen der Versuch, die im Strukturplan genannten Zielsetzungen mit Hilfe der damaligen lernzielorientierten, weitgehend geschlossenen Curricula zu realisieren. 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.“ (Schwartz 1977, S. 13).<sup>7</sup>

Doch auch die in den siebziger Jahren in die Diskussion gebrachten sog. offenen, zugleich auch wissenschaftsorientierten Curricula aus dem englischen Raum vermochten sich aus verschiedenen Gründen nicht zu etablieren<sup>8</sup>.

Leider erfolgte die Auseinandersetzung über Formen der Realisierung zwischen Befürwortern der geschlossenen und der offenen Konzeptionen, zwischen Vertretern eher „wissenschaftsorientierter“ und eher „kindgemäßer“ Lernformen höchst polarisiert und teilweise auch polemisch. Aus heutiger Sicht erstaunt die Ausschließlichkeit der Alternativen. Warum ließ sich die bereits im Strukturplan geforderte Verknüpfung beider Prinzipien, die Orientierung der Lernprozesse an naturwissenschaftlichen Verfahren und Konzepten und die Forderung nach einer kindgemäßen Ausgestaltung der Lernprozesse nicht realisieren? Handelt es sich nicht lediglich um unterschiedliche Akzentuierungen der Lernprozesse von Grundschulkindern? Auch wenn die „Übertragungsversuche von ‚oben‘ ... in sinnlosem Schematismus“ erstarrt waren – mussten deswegen „jede Strukturierung der Lerngegenstände aufgegeben und die Verfahren dem Zufall überlassen bleiben?“ (Einleitung in der *Zeitschrift Grundschule* 3. Jg. 1973, H. 5, S. 145)

Obwohl der Bericht des Schulausschusses der Ständigen Konferenz der Kultusminister zum Sachunterricht (Ständige Konferenz ... 1985) 1980 dezidiert für eine Aufgabe der Polarisierung und für eine Verknüpfung und Berücksichtigung *beider* Prinzipien im Sachunterricht votierte, wurde diese Forderung längst nicht in allen der in den achtziger und neunziger Jahren entstandenen Richtlinien und Lehrplänen aufgegriffen. Köhnlein fasst zusammen:

„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 movements bei uns wirksam. Konservative Kräfte verstärkten im Zuge der

---

<sup>7</sup> Ein Beispiel für eine missverstandene Wissenschaftsorientierung war der spezielle Teil des Lehrplans Sachunterricht in NRW von 1973. Wissenschaftsorientierung wurde hier im Sinne von Disziplinorientiertheit und Begriffsorientiertheit ausgelegt.

<sup>8</sup> Die Entwicklung offener Curricula wird in diesem Beitrag nicht weiter verfolgt. Dass gegen Ende der achtziger Jahre auch in Englands Primarschulen ein Weg zurück zu geschlosseneren Unterrichtsformen eingeschlagen wurde, weist auf Probleme auch dieser Unterrichtsform hin (vgl. dazu auch Klewitz in diesem Band).

vielzitierten ‚Tendenzwende‘ ihren Einfluss in der Bildungspolitik; der Heimatgedanke wird dem Wissenschaftsbezug entgegengesetzt.“ (Köhnlein 1984, S. 35)

Fast alle Bundesländer haben inzwischen den Anteil naturwissenschaftlich und technisch orientierter Themen zu Gunsten lebensweltlich- und heimatorientierter Themen stark eingeschränkt. Auf Grund einer Analyse der derzeit gültigen Lehrpläne stellt Einsiedler (1998b, S. 14) fest, dass physikalische, chemische und technische Themen eine geringere Rolle spielen als Themen aus dem sozialen Lernfeld. Auch die Lehrplanuntersuchung von Strunck u. a. (1998, S. 77) weist nach, dass die Anteile der „harten“ Naturwissenschaften im Sachunterricht im Vergleich zu den Lehrplänen der siebziger Jahre deutlich zurückgegangen sind.<sup>9</sup>

Als Bilanz bleibt festzuhalten: Die auf dem Hintergrund neuerer Ansätze auch heute noch aktuell erscheinenden Forderungen des Strukturplans zu einer Neuorientierung des Lernens im Bereich von Natur und Technik haben den Unterricht in den Grundschulen nicht nachhaltig beeinflusst. Im Gegenteil: Trotz prinzipieller Aktualität der damaligen innovativen Ideen haben naturwissenschaftliche Inhalte und Verfahren in den deutschen Lehrplänen und in der Schulrealität eher an Bedeutung verloren.

Es bleibt die Frage, warum Umsetzungsschwierigkeiten in der Anfangsphase der Reform zu einer grundsätzlichen Infragestellung des Prinzips der Wissenschaftsorientierung und zu einer heimat- und lebensweltorientierten Rückwendung führen konnten. Fehlte es vielleicht an überzeugenden, realisierbaren Beispielen und empirischen Belegen für einen wissenschaftsorientierten und zugleich kindgemäßen Sachunterricht im Lernfeld Natur und Technik? Oder sind Grundschul Kinder prinzipiell mit Inhalten und Verfahren aus dem naturwissenschaftlichen Feld überfordert?

## 2. Dreißig Jahre Forschungen zum naturwissenschaftsbezogenen Lernen in der Primarstufe

Seit den Anfängen der Reform war das naturwissenschaftsbezogene Lernen Gegenstand fachdidaktischer Forschung. Diese fand vor allem als qualitativ orientierte Einzelfallforschung statt; größere Forschungsprogramme sind

---

<sup>9</sup> Eigene Untersuchungen zum Ist-Stand der technikbezogenen Bildung im Rahmen des Sachunterrichts (Möller u. a. 1996) und Analysen von Klassenbüchern (Strunck, Lück, Demuth 1998) lassen vermuten, dass die Realisierung von Unterricht im Vorfeld von Physik, Technik und Chemie noch weit unter den Lehrplanvorgaben liegt.

noch immer selten. Bei der schlechten Ausstattung der meisten Sachunterrichtsprofessuren ist dieser Befund nicht verwunderlich.

Trotz des beachtlichen Forschungsumfangs blieben bis heute viele der schon in den Anfängen der Reform aufgeworfenen Fragen offen. Andererseits konnten zentrale didaktische Hypothesen gestützt und Begründungen für didaktische Entscheidungen weiter differenziert werden. Auf der Basis eines Forschungsüberblicks sollen künftige Forschungsaufgaben formuliert werden.

## 2.1 Untersuchungen in der Anfangsphase der Reform

Ein Hauptpunkt der Kritik an den damaligen sog. wissenschaftsorientierten Curricula richtete sich auf die kognitive Überforderung von Grundschulkindern durch die neuen Curriculuminhalte. In Bezug auf die empirische Überprüfung der naturwissenschaftsorientierten Curricula stellte Breddermann (1983) im Rahmen einer Metaanalyse für die amerikanischen Curricula SCIS (Science Curriculum Improvemnet Study), SAPA (Science a Process Approach) und ESS (Elementary Science Study)<sup>10</sup> fest, dass sich der Unterricht zwar positiv auswirkte auf die Förderung methodischer Fähigkeiten und Fertigkeiten und die Steigerung des Interesses, nicht aber auf das Verständnis naturwissenschaftlicher Begriffe. Auch weitere Untersuchungen zu einem fachlichen naturwissenschaftsbezogenen Elementarunterricht kamen übereinstimmend zu dem Urteil, dass die Bemühung, begriffliches Fachwissen anspruchsvoll zu vermitteln, grundsätzlich als misslungen gelten muss: „Grundschul Kinder lernen nicht, die naturwissenschaftlichen Fachbegriffe zu verstehen, sondern bestenfalls Wörter, die für sie stehen, assoziativ und grammatikalisch korrekt zu gebrauchen“ (Lauterbach 1992, S. 205).<sup>11</sup>

Diese Ergebnisse bezogen sich auf einen Unterricht, der weitgehend auf das Erlernen fachsprachlicher Begriffe ausgerichtet war. Kindliche Denkweisen und Erfahrungen wurden kaum berücksichtigt – die geschlossenen lernzielorientierten Curricula ließen hierfür nur wenig Raum. Der nordrhein-westfälische Lehrplan zum Sachunterricht von 1973 war ein Beispiel

---

<sup>10</sup> Diese Curricula sind bei Tütken und Spreckelsen (1973) dargestellt.

<sup>11</sup> Auch die Ergebnisse von Klewitz (1989) zur Überprüfung des Lernerfolgs eines Lehrgangs zum Thema „Schwimmen und Sinken“ in einer 2. Klasse sind hier einzuordnen.

für eine solche an Disziplinen und fachlichen Begriffen orientierte Wissenschaftsorientierung.<sup>12</sup>

## 2.2 Genetisch orientierte Ansätze

Einen anderen Ansatz verfolgten in den Anfängen der Bildungsreform zum Beispiel Karnick (1968), Wagenschein und Thiel (1973). Ausgehend von Kinderfragen oder erstaunlichen Phänomenen sollten Kinder physikalische Deutungen in ihrer eigenen Sprache und auf eigenen Denkwegen einer sachadäquaten Klärung näher bringen. Bereits 1968 hatte Karnick für den naturwissenschaftlich-technischen Bereich gefordert:

„Auf Grund empirischer Untersuchungen müsste im Einzelnen festgestellt werden, welche Themen sich als geeignet erweisen. ... Weil die Schüler der Grundschulklassen bereits ein Vorverständnis für mancherlei Fragen aus der Welt der Technik, der Physik und Chemie mitbringen, sollte ihnen – vor allem in den Klassen 3 und 4 – der Blick für mancherlei Erscheinungen aus diesen Bereichen, mit denen sie außerhalb der Schule in vielfältiger Weise konfrontiert werden, im Sachunterricht nicht länger verschlossen bleiben.“ (Karnick 1968, S. 26)

Seine Untersuchung zum Thema „Warum kann ein Dampfer schwimmen?“ war ein Versuch, herauszufinden, ob bereits Grundschul Kinder in einem anspruchsvollen Themenbereich zu „Vorformen des Verstehens und Begreifens“ (S. 23) kommen können. In einem Unterricht in einer 3. Klasse ergab eine nach zwei Monaten durchgeführte Nachbefragung, dass die Hälfte der Schüler eine richtige Antwort frei produzieren konnten, weitere 14 Schüler die richtige Antwort über einen begrifflichen Impuls („Gefäß“) fanden und nur lediglich drei Schüler den Vorgang nicht mehr erklären konnten (S. 26). Karnick folgerte aus seiner Untersuchung, dass Kinder diesen Alters

„kausale Beziehungen herzustellen“ vermögen und eine „einsichtige und den (späteren) systematischen Physikunterricht nicht ‚verbauende‘ Antwort gefunden“ haben, auch wenn sie sich dabei nicht immer in exakten Sprachformulierungen ausdrücken (ebd.).

1973 legte Thiel, Schüler von Wagenschein, mit den Tübinger Unterrichtsprotokollen beeindruckende Dokumente von Gruppenlernprozessen vor

---

<sup>12</sup> Die begrifflich akzentuierte Wissenschaftsorientierung zeigt sich im speziellen Teil des Lehrplans, in dem auf ca. 200 Seiten detaillierte Anweisungen für Ziele, Inhalte, Methoden und Medien für sieben fachliche Disziplinen (und zwei übergreifende Bereiche) gegeben werden. Dieser Teil widerspricht den im allgemeinen Lehrplan formulierten Prinzipien.

(in: *Wagenschein* 1990), in denen Grundschul Kinder in ihrer eigenen Sprache physikalischen Phänomenen erstaunlich nahe kommen. Selbst Schietzel, der grundsätzlich bezweifelt, dass bereits Grundschul Kinder in der Lage sind, naturwissenschaftliche Denk- und Verfahrensweisen zu entwickeln, also im Stande sind, im Sinne „exakter Wissenschaften“ zu denken, räumt ein, dass in den Protokollen des vierten Schuljahres, insbesondere im Unterricht zum Thema „Schiffe“, wissenschaftliches Denken aufzukeimen beginnt (vgl. *Schietzel* 1973a, S. 156).<sup>13</sup>

Anders als in den lernzielorientierten Curricula versuchte Thiel im Sinne Wagenscheins, auf einem genetischen Weg, mit Hilfe eines offenen, vom Lehrer „sokratisch“ unterstützten Gesprächs, Grundschüler einem physikalischen Verstehen komplexer, lebensweltlich bedeutsamer Sachverhalte näher zu bringen. Sein Beitrag war überschrieben mit dem Titel: „Grundschul Kinder zwischen Umgangserfahrung und Naturwissenschaft“ (*Thiel* 1990). Deutlich wurde hier formuliert, dass nicht das Verständnis exakter naturwissenschaftlicher Begriffe Gegenstand des Sachunterrichts sei, sondern dass es um erste Schritte in „Richtung“ der Naturwissenschaften gehe.

Ebenfalls aufbauend auf Wagenschein entwickelte Köhnlein (1996) im Rahmen einer Didaktik des Sachunterrichts das Konzept eines genetischen und exemplarischen Unterrichts, das auf die Förderung naturwissenschaftsbezogenen Denkens und Verstehens ausgerichtet ist. In zahlreichen Einzelfallanalysen belegt Köhnlein (z. B. 1998, 1999), dass bereits Grundschul Kinder unter geeigneten Unterrichtsbedingungen weitgehend selbstständig mentale Modelle konstruieren, die stimmige Erklärungen von Naturphänomenen ermöglichen und „Kristallisationskeime“ des Verstehens beinhalten. Sein genetisch-exemplarischer Unterricht verzichtet auf inhaltliche Fülle zu Gunsten eines Vorrangs des Verstehens; der Unterricht ist auf den konstruktiven Aufbau von Vorstellungen in interaktiven Prozessen, auf die Verankerung des Wissens in der eigenen Erfahrung und auf das Erfassen von Zusammenhängen gerichtet.

Auch Soostmeyer (1978, 1988) benutzt Einzelfallanalysen, um die Wissenschaftsorientiertheit des kindlichen Denkens zu dokumentieren. Sein problemorientierter und situationsorientierter Ansatz richtet sich auf eine Verknüpfung der Prinzipien der Wissenschaftsorientierung und der Kindgemäßheit; auch er knüpft an Wagenscheins Prinzip des genetischen Ler-

---

<sup>13</sup> Mit Verweis auf die Elitebedingungen des Tübinger Schulversuchs spricht Schietzel Thiels Ergebnissen allerdings eine größere Repräsentanz für die Grundschule ab (ebd.). Zur weiteren Kritik von Schietzel vgl. auch die Rezension Schietzels an der Veröffentlichung von Wagenschein u. a. (1973b, S. 214-216)

nens an, betont aber noch stärker als dieser die Offenheit der Lehr-Lernprozesse für situative Gegebenheiten.

Spreckelsen und Mitarbeiter (z. B. *Spreckelsen* 1994, 1997) analysierten Kleingruppenlernprozesse im Hinblick auf Deutungen erstaunlicher Naturphänomene, die den Schülern präsentiert wurden (z. B. Gleichgewicht, Auftrieb). Im Sinne eines klinischen Experimentes arbeiteten sie in der Regel mit Gruppen von vier Schülern und einem Versuchsleiter. Dieser präsentierte den Schülern eine Folge erstaunlicher Phänomene, die überwiegend dem gleichen physikalischen Funktionsprinzip zugeordnet waren. In Bezug auf Erklärungen hielten sich die Versuchsleiter nach dem Prinzip der minimalen Intervention weitestgehend zurück. Auf der Basis einer Reihe von aufgezeichneten Videoszenen mit insgesamt ca. 100 Schülern konnten sie zeigen, dass Schüler zur Deutung solcher Phänomene auch auf sog. „genotypische Analogien“ zurückgreifen, also auf Situationen Bezug nehmen, die auf dasselbe Funktionsprinzip zurückzuführen sind. Damit verweisen Spreckelsen und Mitarbeiter (ebd.) auf Erklärungsmuster, die sich deutlich abheben von sog. phänotypischen, durch äußerliche Merkmale bedingte Schlussweisen. Genotypische Argumentationen sind zwar noch nicht exakt naturwissenschaftlich, da sie die Ebene des deduktiven Denkens nicht erreichen, kommen der naturwissenschaftlichen Denkweise aber nahe, da sie auf Grund identischer Funktionsprinzipien zu Schlüssen gelangen. Von besonderer Bedeutung sind Spreckelsens Untersuchungen auch deshalb, weil sie auf Grund der zurückhaltenden Interventionen des Versuchsleiters weitgehend originäre, von Instruktionen wenig beeinflusste Denkweisen von Kindern nachweisen. Auf der Basis seiner Befunde kommt Spreckelsen zu der Unterrichtsempfehlung, verwunderliche und zum Nachdenken anregende Phänomene nicht einzeln, sondern in einem sich gegenseitig stützenden Kreis von Phänomenen zu präsentieren, um Schülern genotypische Deutungen des zu Grunde liegenden Prinzips zu ermöglichen und auf diesem Wege weitgehend selbstständige Konzeptbildungen zu erreichen.

Möller (1991) führte videobasierte Untersuchungen in Kleingruppen von sechs bis acht Schülern zu technischen und naturwissenschaftsbezogenen Themen durch. Nach der Erfassung von Präkonzepten folgten unterrichtsähnliche Situationen, in denen die Weiterentwicklung von Schülervorstellungen durch Vorformen experimentellen Handelns, ikonische und aktionale Repräsentationen und entsprechende Reflexionen unterstützt wurde. Nach einigen Monaten durchgeführte Einzelinterviews, in denen die Schüler auch aktionale und ikonische Repräsentationen zur Darstellung

der von ihnen aufgebauten Konzepte benutzen konnten, gaben Aufschluss über erreichte Lernerfolge. Möller stellte anhand einer qualitativen Analyse der vollständig transkribierten Lehr-Lernsituationen fest, dass insbesondere Freiräume für probierendes Handeln, Möglichkeiten zur außersprachlichen Repräsentation durch Geste, Handlung und Zeichnung wie auch der Dialog unter den Schülern zur Weiterentwicklung vorhandener Präkonzepte beitragen. Sie konnte an Fallanalysen zeigen, dass Schüler von sich aus naive Vorverständnisse aufgaben und diese in weitgehend selbstständigen Denkprozessen in differenziertere und geprüftere Theorien überführten.

Während Köhnlein, Soostmeyer, Spreckelsen, Thiel und Möller in Fallanalysen herausarbeiten, dass Grundschul Kinder von sich aus in der Lage sind, Vorformen wissenschaftlicher Vorgehensweisen zu erlernen, stellte Löffler anhand von Gesprächsprotokollen fest, dass das Denken von Grundschulkindern durch lebensweltliche Kontexte bestimmt wird, eine explizite Wissenschaftlichkeit des Denkens deshalb nicht auszumachen sei (z. B. Löffler 1991)<sup>14</sup>. Der auftretende Dissens liegt in der Bewertung der Qualität kindlichen Denkens: Handelt es sich bei den beobachteten Denkformen um Differenzierungen lebensweltlicher Deutungsweisen oder um wissenschaftsorientierte Denkweisen?

Es soll hier nicht der Versuch unternommen werden, zu diesem Problem Stellung zu nehmen – die entsprechende Auseinandersetzung findet auf hohem theoretischen Niveau statt. Wenn auch die Qualität des kindlichen Denkens auf dem Wege zur Physik in dieser Diskussion theoretisch umstritten blieb<sup>15</sup>, so fallen doch in den vielen Beispielen der Ideenreichtum der Kinder, die Originalität ihrer Denkwege und ihrer sprachlichen Darstellungen wie auch die Beharrlichkeit im Ringen um sachliche Klärung als erstaunliche Leistungen kindlichen Denkens auf.

Festzuhalten bleibt, dass die auf Grund von Fallanalysen herausgearbeiteten Merkmale kindlichen Denkens zeigen, dass Grundschul Kinder sehr wohl in der Lage sind, Vermutungen zu präzisieren, Überprüfungen für Vermutungen als notwendig zu empfinden, einfache Überprüfungen zu

---

<sup>14</sup> Vgl. den Beitrag Löffler in diesem Band.

<sup>15</sup> Vgl. hierzu auch die Diskussion zur Kontinuitätsthese, die in den achtziger Jahren in der GDCP und der GDSU geführt wurde. Während z. B. Köhnlein Wagenscheins These vom genetischen Weg hin zu den Naturwissenschaften vertrat, betonten andere Sachunterrichtsdidaktiker wie z. B. Löffler und Redeker, dass ein Wechsel der Perspektive notwendig sei, um naturwissenschaftlich zu denken, dass dieser Wechsel jedoch nicht aus einem kontinuierlichen Weiterentwickeln lebensweltlichen Denkens möglich sei (Löffler, Köhnlein 1985). Einen vermittelnden Ansatz vertritt Wiesenfarth (1991).

entwickeln, entsprechende Schlussfolgerungen zu ziehen und Vorformen physikalischer Begriffe zu entwickeln, die weiteres Lernen nicht verbauen, sondern fördern. Dass diese Vorformen naturwissenschaftlichen Denkens noch nicht „exakte Naturwissenschaften“ sind, konnte an Protokollen von Lernprozessen belegt werden. Allerdings konnte auch gezeigt werden, wie sich kindliches Denken in interaktiven Lehr-Lernprozessen weiterentwickelt und naturwissenschaftlichem Denken annähert.

### 2.3 Conceptual-Change Forschung – Lehr-Lernforschung auf konstruktivistischer Basis

Ein weiterer Forschungsbereich wurde stark von dem internationalen Forschungsstrang zu Schülervorstellungen beeinflusst, der seit Anfang der siebziger Jahre zu einer Vielzahl von Publikationen führte. Die theoretische Basis dieser Arbeiten liefern die sog. Conceptual-Change-Theorien, nach denen Schüler aktiv ihre vorhandenen Präkonzepte verändern müssen, um adäquatere, d. h. wissenschaftlich angemessenere Konzepte aufbauen zu können. Die Untersuchungen zeigen übereinstimmend, dass vorhandene Präkonzepte den Aufbau angemessener Konzepte erschweren, teilweise auch behindern können. Eine Erforschung vorhandener Präkonzepte und Lernschwierigkeiten soll helfen, Unterricht so zu gestalten, dass Konzeptwechselprozesse ermöglicht werden. Um dieses Ziel zu überprüfen, werden Mikrostudien durchgeführt, in denen individuelle Lernverläufe ermittelt werden (*Duit* 2000).

Auch für den Grundschulbereich wurde dieser Forschungsansatz fruchtbar gemacht (*Duit* 1997, *Möller* 1999a, 2000). Zu nennen sind hier vor allem die Arbeiten von Wiesner und Mitarbeitern, in denen Themen des Sachunterrichts wie Elektrizität (*Stork, Wiesner* 1981; *Wiesner* 1995 b) elementare Optik (*Wiesner, Claus* 1985 b; *Blumör, Wiesner* 1992, Teil I, II; *Claus, Stork, Wiesner* 1982), Temperatur und Wärme (*Wiesner, Stengl* 1984; *Wiesner, Claus* 1985 a) und Wetter (*Schieder, Wiesner* 1997) untersucht wurden. Auf der Basis von ermittelten Präkonzepten und über Analysen von Lernschwierigkeiten durch Interviews, schriftliche Befragungen, Einzellehrgespräche und Akzeptanzbefragungen kommt Wiesner zu begründeten Empfehlungen für die Auswahl und Strukturierung von Unterrichtssequenzen, die Schülern beim Aufbau adäquaterer Vorstellungen helfen sollen. Insbesondere die Auswahl geeigneter Versuche soll einen erforderlichen Konzeptwechsel erleichtern. Dabei schlägt Wiesner (1995 b,

S. 58) vor, offene Phasen des Unterrichts mit „etwas engerer Führung bei der Diskussion der schwierigen physikalischen Ideen“ zu kombinieren.

Untersuchungen zu Schülervorstellungen legt auch die Arbeitsgruppe um Kircher vor zu den Themen Auftrieb (vgl. *Kircher, Rückel* 1992), Schall (*Kircher, Engel* 1994), Elektrizität (*Kircher, Werner* 1994) und Magnetismus (*Kircher, Rohrer* 1993). Auch Kircher leitet aus seinen Ergebnissen begründete Unterrichtsempfehlungen für einen physikalisch orientierten Sachunterricht ab.

Möller kombiniert die Erfassung von Präkonzepten mit der Untersuchung individueller Lernverläufe und der Erfassung von Postkonzepten. Auf der Basis moderat-konstruktivistischer Theorien zur Gestaltung von Lernprozessen und unter Berücksichtigung grundschulpädagogischer Zielsetzungen geht sie in ihrer Arbeitsgruppe folgender Fragestellung nach: „Sind Grundschulkinder bereit und in der Lage, sich weitgehend selbsttätig und verstehend in moderat konstruktivistischen Lernumgebungen mit Naturphänomenen auseinander zu setzen, adäquatere Konzepte für ihre Deutung zu entwickeln und diese neu aufgebauten Konzepte fruchtbar anzuwenden?“ In den theoretischen, am Conceptual-Change-Paradigma orientierten Ansatz wurden Modifikationen konstruktivistischer Ansätze, wie sie z. B. von Dubs (1995, 1997), Reusser (1999) und Bliss (1996) diskutiert werden, einbezogen. Danach sollen wohldosierte instruktive Hilfen des Lehrers den aktiven Konstruktionsprozess der Lernenden unterstützen. Reinmann-Rothmeier und Mandl (1999) schlagen für diese Kombination von Konstruktion und Instruktion den Begriff problemorientiertes Lernen vor; Möller bezeichnet solche Lehr-Lernumgebungen als „moderat konstruktivistisch mit instruktiven Hilfen“. Die entwickelten Lehr-Lernumgebungen sind gekennzeichnet durch weitgehend selbstgesteuertes, aktives und konstruktives Lernen in situativen, sinnhaften Bezügen, das in einem Prozess gemeinsamen Aushandelns stattfindet und vom Lehrenden durch wohldosierte Hilfen unterstützt wird (*Möller* 2001 i. Dr.).

Der Forschungsansatz, der in mehreren qualitativen Untersuchungen in Kleingruppen von ca. 3-4 Kindern auf dieser theoretischen Basis erprobt wurde, besteht aus der Ermittlung unterrichtsbedingter Konzeptveränderungen durch den Vergleich individueller Prä- und Postkonzepte, d. h. durch den Vergleich der vor bzw. nach dem Unterricht vorhandenen Konzepte und der Ermittlung individueller Lernverläufe anhand transkribierter Videoaufzeichnungen. Untersucht wurden bisher die Themen „Wie kommt es, dass ein eisernes Schiff schwimmt?“, „Luftdruck und Vakuum entdecken“ und „Wie kommt es, dass ein Flugzeug fliegt?“. Auf der Basis

dieser Untersuchungen (vgl. Möller 1999a,b) konnten die bereits entwickelten Unterrichtsdesigns verbessert und erneut erprobt werden.

Um die entwickelten Lehr-Lernumgebungen unter annähernd realen Klassenbedingungen zu optimieren, wurde das Forschungsdesign in Nachfolgeuntersuchungen wie folgt verändert: Nach der Ermittlung individueller Präkonzepte mit Hilfe teilstandardisierter Einzelinterviews erfolgte Unterricht im Klassenverband unter annähernd normalen Bedingungen. Zur Erhebung von Zwischenvorstellungen wurden nach einigen Unterrichtsstunden Einzelinterviews durchgeführt.<sup>16</sup> Einige Monate nach Ende des Unterrichts fand die Postkonzepterhebung ebenfalls wieder über Einzelinterviews statt.

Fasst man die quantitativen und qualitativen Inhaltsanalysen der transkribierten Pre- und Postinterviews von 17 Kindern zusammen, so lässt sich die Hypothese der Untersuchung bestätigen, nach der kognitive Lernzuwächse auch bei den leistungsschwächeren Schülern erwartet wurden. Immerhin fast ein Drittel der Kinder konnte elaborierte physikalische Vorkonzepte erreichen. Doch auch die Schüler, die „nur“ den Level der ausbaufähigen Konzepte erreicht haben, haben damit ein anschlussfähiges Wissen erworben und befinden sich – mit der Metapher Wagenscheins – auf dem „Wege zur Naturwissenschaft“. Das Verstehen behindernde Präkonzepte, wie z. B. das Gewichts- und Luftkonzept, wurden durch den Unterricht auch bei den Leistungsschwächeren abgebaut. Da die Schüler ihre lebensweltlichen Konzepte mit in den Unterricht einbringen und bearbeiten konnten, haben sie nicht nur neues Wissen aufgebaut, sondern dieses Wissen auch integrieren können, was sich im Nachtest in guten Transferleistungen zeigte. (Möller, Engelen, Jonen i. Dr.).

### 3. Fazit und Ausblick

Sind Grundschulkinder interessiert und in der Lage, sich verstehend mit der Deutung von Naturphänomenen auseinander zu setzen und zu befriedigenden, ausbaufähigen und fruchtbaren Konzepten zu gelangen?

Anhand vorliegender Ergebnisse konnte eindrucksvoll gezeigt werden, dass Grundschulkinder aus eigener Motivation heraus entsprechenden Fragestellungen nachgehen und zu anspruchsvollen Denkprozessen fähig

---

<sup>16</sup> Diese Untersuchung fand ebenfalls zum Thema „Wie kommt es, dass ein Schiff schwimmt?“ im Rahmen eines Forschungsseminars unter Beteiligung von Studierenden 1999 statt.

sind. Es bleibt aber die empirisch weiter zu prüfende Frage bestehen, ob es sich bei den aufgezeigten Fällen lediglich um glückliche Ausnahmesituationen, um besondere Elitebedingungen<sup>17</sup> oder lediglich um das Lernen jener „guten“ Schüler handelt, die den Gesprächsverlauf antreiben und zum Gelingen eines anspruchsvollen Unterrichts beitragen. Wie steht es mit dem Lernen der stillen Schüler, die sich an genetisch-sokratischen Gesprächen kaum beteiligen, wie mit dem Lernen der sprachlich schwachen Schüler in einem Unterricht, in dem Konzeptentwicklung zu einem großen Teil durch sprachliche Verständigung vorangetrieben wird, wie mit dem Lernen der Mädchen? Die Klärung dieser Fragen erfordert Untersuchungen, die sich auf das individuelle Lernen aller beteiligten Schüler richten. Lehr-Lernforschungsansätze mit der Erhebung individueller Prä- und Postkonzepte vor bzw. nach dem Unterricht erscheinen hier vielversprechend.

Die Erfassung *individueller Lernprozesse* und Lernfortschritte setzt auch eine Weiterentwicklung geeigneter Forschungsmethoden voraus. Um vergleichende Fragestellungen wie zum Beispiel die Frage nach geschlechtsspezifischen Unterschieden in den Lernzuwächsen verfolgen zu können, müssen qualitative Methoden durch quantitative Methoden ergänzt werden. Diese Methoden sollten so differenziert sein, dass auch anspruchsvolle Lernziele wie die Integration von Wissen und Transferleistungen erfasst werden. Interviews haben sich nach unseren Erfahrungen beim Diagnostizieren von Präkonzepten, Lernschwierigkeiten und Verstehensprozessen hervorragend bewährt (vgl. auch *White, Gunstone* 1999); auch diese lassen sich mit inhaltsanalytischen Verfahren quantitativ auswerten. Um größere Zahlen zu ermöglichen, müssten die bereits bewährten Methoden durch intelligente schriftliche Tests ergänzt werden.

Qualitative und quantitative Testverfahren müssten auch eingesetzt werden, um der noch immer offenen Frage nach einer optimalen *Gestaltung von Lehr-Lernumgebungen* für verstehendes Lernen im Vorfeld der Naturwissenschaften weiter nachzugehen. Die aus der Unterrichtsqualitätsforschung stammenden Hinweise auf eine optimale Dosierung von Strukturierungshilfen werden durch neuere lernpsychologische Ergebnisse aus dem Bereich der konstruktivistischen Lerntheorien unterstützt. Allzu offene und komplexe Lernsituationen scheinen Schüler demnach häufig zu überfordern, insbesondere die leistungsschwächeren und gewissheitsorientierteren Schüler. Vergleichende Untersuchungen von mehr und weniger offenen Lehr-Lernumgebungen unter Berücksichtigung verschiedener Schü-

---

<sup>17</sup> So Schietzel (1973, S. 156) über die Schule, in der Thiels Tübinger Protokolle entstanden.

lereingangsvoraussetzungen (Leistung, Vorwissen, Geschlecht, Interesse, bereichsspezifisches Selbstvertrauen) sind daher erforderlich.<sup>18</sup> Die bisher identifizierten Merkmale für Unterrichtsqualität (*Einsiedler 1997, Gruehn 2000*) sollten dazu weiter differenziert werden. So sollte z. B. die Rolle des Lehrers, insbesondere seine Art der Gesprächsführung und -steuerung durch Impulse, eingehend untersucht werden. Aber auch instruktionale Hilfen wie z. B. Repräsentationshilfen scheinen nach neueren Repräsentationstheorien (*Hardy, Koerber, Stern i. Dr.*) vielversprechend und sollten in die Forschungen einbezogen werden.

Weiterer theoretischer und empirischer Bemühungen bedarf auch die Frage nach dem im Unterricht erreichten *Niveau des Verstehens*. Hier gilt es an Schietzels kritische Frage (1973) nach der mentalen Qualität des Lernens auf dem Wege zu den Naturwissenschaften anzuknüpfen. Worin genau besteht die Weiterentwicklung kindlichen Denkens im Grundschulalter, wie lässt sie sich beschreiben und erfassen? Ist das erworbene Verständnis fruchtbar auf neue Situationen anwendbar? Theoretische Ansatzpunkte bieten hier neuere entwicklungspsychologische und kognitionspsychologische Befunde zum domänenspezifischen Denken (*Sodian, Thoermer i. Dr.; Spada, Ley 2000*), die Grundlage für fachdidaktische Untersuchungen zur Weiterentwicklung von Konzepten und Argumentationsweisen durch Unterricht sein könnten.

Verstärkt werden muss auch die Entwicklungsarbeit zur *Konstruktion von Unterricht*, wie sie Kattmann u. a. (1997) im Modell der didaktischen Rekonstruktion beschreiben. Welche Themen eignen sich für verstehendes Lernen? Welche Erfahrungen müssen bereitgestellt werden, um konstruktive und aktive Lernprozesse zu ermöglichen? Diagnostisch orientierte Lernforschung und auf Entwicklung ausgerichtete Lehrforschung greifen hier ineinander; ein angemessenes Forschungsprogramm müsste die Analyse von Präkonzepten, Lernschwierigkeiten, fachlichen Lernzielen, Interessen der Kinder wie auch die Überprüfung der auf diesem Wege entwickelten Lehr-Lernumgebungen im Hinblick auf Lernzuwächse beinhalten.

Bisher noch nicht angesprochen wurde die Untersuchung von Lehr-Lernumgebungen im Hinblick auf nicht-kognitive Zielsetzungen. Wie steht es mit der Entwicklung von Interessen durch Unterricht, auch unter geschlechtsspezifischen Aspekten? Wie mit der Entwicklung des bereichsspezifischen Fähigkeitsselbstbildes? Kann Unterricht dazu beitragen, negativen Einstellungen zum naturwissenschaftlichen Lernbereich durch positive

---

<sup>18</sup> Diese Fragestellung verfolgen wir im Rahmen eines gerade angelaufenen DFG-Projektes.

Lernerfahrungen entgegenzuwirken? Dabei stellt sich die Frage, ob kognitive und nicht-kognitive Zielsetzungen gleichermaßen im Unterricht erreicht werden können. Auch hier deuten einige Ergebnisse darauf hin (Gruehn 1995; Helmke, van Aken 1995), dass offene Lernsituationen mit einem gewissen Maß an Strukturierung eine multikriteriale Zielerreichung begünstigen.

Viele der hier formulierten Fragen wurden in den Anfängen der Bildungsreform bereits gestellt und auch untersucht. So warf bereits Karnick die Frage nach geeigneten Inhalten und nach Vorformen des Begreifens und Verstehens auf; die heute im Kontext neuerer Lerntheorien wieder hochaktuelle Frage nach einem angemessenem Maß von Selbststeuerungsmöglichkeiten für die Schüler und Steuerungshilfen durch den Lehrer wurde in den siebziger Jahren im Rahmen der Diskussion um den offenen Unterricht und das entdeckende Lernen eingehend verfolgt.

Gleichwohl sind Veränderungen in den zu Grunde liegenden Forschungsparadigmen ausmachen. So lassen sich die frühen fachdidaktischen wie auch pädagogisch-psychologischen Untersuchungen in den siebziger Jahren als Lehrstrategieforschung kennzeichnen, die das Ziel verfolgten, optimale Lehrstrategien zu ermitteln. Lernforschungsansätze zum individuellen Lernen bestimmten die achtziger Jahre; die hier vor allem bedeutende Schülervorstellungsforschung im naturwissenschaftlichen Bereich wies eindrücklich nach, dass Schüler nicht das lernen, was Lehrer lehren. Die Verknüpfung beider Forschungsrichtungen, der Lehr- wie auch der Lernforschung in einer fachdidaktischen, bereichsspezifischen Lehr-Lernforschung, entwickelte sich erst in jüngerer Zeit. Ihr Ziel ist es, Lehrprozesse auf der Basis der ermittelten individuellen Lernprozesse zu optimieren. Die bisher vorliegenden Untersuchungen zum naturwissenschaftsbezogenen Lernen in der Grundschule deuten darauf hin, dass alle Kinder in offen gestalteten Lernumgebungen unter geeigneten Hilfestellungen zu individuellen, befriedigenden Lernfortschritten gelangen können und in ihren Verstehensmöglichkeiten dann nicht überfordert sind, wenn der Unterricht einen konstruktiven Konzeptaufbau unterstützt und situierte, kindgemäße Fragestellungen berücksichtigt.

Sollte uns eine forschungsbasierte Entwicklung von Lehr-Lernumgebungen gelingen, bleibt noch die Aufgabe der Implementation eines solchen Unterrichts in die Schulpraxis. Auf die hiermit verbundenen Probleme soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden – die damit verbundene Aufgabe sollte allerdings nicht unterschätzt werden, da Forschung nur dann wirksam wird, wenn sie in Handlungsfelder eingebracht wird.

## Literatur:

- Beck, Gertrud; Claussen, Claus: Einführung in Probleme des Sachunterrichts. Königstein/Ts.: Scriptor <sup>2</sup>1979
- Bliss, Joan: Piaget und Vygotskij: Ihre Bedeutung für das Lehren und Lernen der Naturwissenschaften. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 2 (1996) 3, S. 3-16
- Blumör, Rüdiger; Wiesner, Hartmut: Das Spiegelbild. Untersuchungen zu Schülervorstellungen und Lernprozessen. Teil 1 und Teil 2. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 20 (1992)1, S. 2-6; H. 2, S. 50-54
- Breddermann, T.: Effects of Activity-Based Elementary Science on Students Outcomes: A Quantitative Synthesis. In: Review of Educational Research, 53 (1983) 4, S. 499-518
- Brügelmann, Hans: Öffnung des Unterrichts. Befunde und Probleme der empirischen Forschung. In: Brügelmann, Hans; Fölling-Albers, Maria; Richter, Sigrun (Hrsg.): Jahrbuch Grundschule. Fragen der Praxis - Befunde der Forschung. Seelze: Friedrich Verlag 1998, S. 8-42
- Bruner, Jerome S.: Der Akt der Entdeckung. In: Neber, Heinz (Hrsg.): Entdeckendes Lernen. Weinheim: Beltz <sup>3</sup>1981, S. 15-29
- Bullock, Merry; Ziegler, Albert: Scientific reasoning. Developmental changes and individual differences. In: Weinert, Franz E.; Schneider, Wolfgang (Hrsg.): Individual development between three and twelve. Findings from a longitudinal study. Cambridge: Cambridge University Press 1999
- Claus, Jürgen; Stork, Elke; Wiesner, Hartmut: Optik im Sachunterricht. Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 410 (1982) 3, S. 82-92
- Deutscher Bildungsrat: Empfehlungen der Bildungskommission. Strukturplan für das Bildungswesen. Stuttgart: Klett 1972
- Dubs, Rolf: Konstruktivismus: Einige Überlegungen aus der Sicht der Unterrichtsgestaltung. In: Zeitschrift für Pädagogik, 41 (1995) 6, S. 889- 903
- Dubs, Rolf: Der Konstruktivismus im Unterricht. In: Schweizer Schule, (1997)6, S. 26-36
- Duit, Reinders: Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr-Lernforschung. In: Zeitschrift für Pädagogik, 41(1995)6, S. 905-923
- Duit, Reinders: Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht – Forschungsstand und Perspektiven für den Sachunterricht der Primarstufe. In: Köhnlein, Walter; Marquardt-Mau Brunhilde; Schreier, Helmut (Hrsg.): Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt (= Forschungen zum Sachunterricht, Bd. 1) Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1997, S. 233-246
- Duit, Reinders: Konzeptwechsel und Lernen in den Naturwissenschaften in einem mehrperspektivischen Ansatz. In: Duit, Reinders; von Rhöneck, Christoph: Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lernforschung. Kiel: IPN 2000, S. 77-105
- Entdeckendes Lernen und offene Curricula. Eine Einleitung. In: Die Grundschule, 5(1973)3, S. 145f.
- Einsiedler, Wolfgang: Unterrichtsqualität in der Grundschule. Empirische Grundlagen und Programmatik. In: Glumpler, Edith; Luchtenberg, Sigrid (Hrsg.): Jahrbuch Grundschulforschung. Weinheim: Deutscher Studienverlag 1997, S. 11-33
- Einsiedler, Wolfgang: Offener Unterricht: eine zu vielschichtige Konzeption? In: Brügelmann, Hans; Fölling-Albers, Maria; Richter, Sigrun (Hrsg.): Jahrbuch Grundschule. Fragen der Praxis-Befunde der Forschung. Seelze: Friedrich Verlag 1998a, S. 52-55

- Einsiedler, Wolfgang: The Curricula of Elementary Science Education in Germany. Erlangen-Nürnberg: Erziehungswissenschaftliche Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg 1998b
- Gerstenmaier, Jochen; Mandl, Heinz: Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. In: Zeitschrift für Pädagogik, 41 (1995) 6, S. 867-887
- Gruehn, Sabine: Vereinbarkeit kognitiver und nicht-kognitiver Ziele im Unterricht. In: Zeitschrift für Pädagogik, 41 (1995) 4, S. 531-554
- Gruehn, Sabine: Unterricht und schulisches Lernen. In: Rost, Detlef H. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann 2000
- Hardy, Ilonca; Koerber, Susanne; Stern, Elsbeth: Die Nutzung graphisch-visueller Repräsentationsformen im Sachunterricht. In: Spreckelsen, Kay; Möller, Kornelia und Hartinger, Andreas: Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht (= Forschungen zum Sachunterricht, Bd. 5). Bad Heilbrunn: Klinkhardt (in Vorb.)
- Helmke, Andreas; van Aken, Marcel: The causal ordering of academic achievement and self concept of ability during elementary school: A longitudinal study. In: Journal of Educational Psychology, 85 (1995), S. 624-637
- Hoffmann, Lore; Häußler, Peter; Peters-Haft, Sabine: An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht. Ergebnisse eines BLK-Modellversuchs. Kiel: IPN 1997
- Janke, Bettina: Entwicklung naiven Wissens über den physikalischen Auftrieb: Warum schwimmen Schiffe? In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 17 (1995) 2, S. 122-138
- Karnick, Rudolf: "Warum kann ein Dampfer schwimmen?" Physik im 3. Schuljahr. In: Grundschule, 1 (1968) 3, S. 15-26
- Kattmann, Ulrich; Duit, Reinders; Gropengießer, Harald; Komorek, Michael: Das Modell der didaktischen Reduktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (1997) 3, S. 3-18
- Kircher, Ernst; Rückel, Bettina: Warum Eisenschiffe schwimmen. In: Wiebel, Klaus H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Alsbach: Leuchtturm-Verlag 1992, S. 101-103
- Kircher, Ernst; Rohrer, Heike: Schülervorstellungen zum Magnetismus in der Primarstufe. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 21(1993)8, S. 336-342
- Kircher, Ernst; Werner, Heidi: Anthropomorphe Modelle im Sachunterricht der Grundschule am Beispiel „Elektrischer Stromkreis“. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 22 (1994) 4, S. 144-151
- Kircher, Ernst; Engel, Christine: Schülervorstellungen über Schall. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 22(1994)2, S. 53-57
- Klewitz, Elard: 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: Westarp 1989
- Köhnlein, Walter: Die Hinwendung zu einem naturwissenschaftlich orientierten Sachunterricht in der Grundschule. In: Bauer, Herbert F.; Köhnlein, Walter (Hrsg.): Problemfeld Natur und Technik. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1984, S. 23-37

- Köhnlein, Walter: Leitende Prinzipien und Curriculum des Sachunterrichts. In: Glumpler, Edith; Wittowske, Steffen (Hrsg.): Sachunterricht heute. Zwischen interdisziplinärem Anspruch und traditionellem Fachbezug. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1996, S. 46-76
- Köhnlein, Walter: Martin Wagenschein, die Kinder und naturwissenschaftliches Denken. In: Köhnlein, Walter (Hrsg.): Der Vorrang des Verstehens. Beiträge zur Pädagogik Martin Wagenscheins. Bad Heilbrunn.: Klinkhardt 1998, S. 66-87
- Köhnlein, Walter: Vielperspektivität und Ansatzpunkte naturwissenschaftlichen Denkens. Analyse von Unterrichtsbeispielen unter dem Gesichtspunkt des Verstehens. In: Köhnlein, Walter; Marquardt-Mau, Brunhilde; Schreier, Helmut (Hrsg.): Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht (=Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 3) Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1999, S. 88-124
- Lauterbach, Roland: Naturwissenschaftlich orientierte Grundbildung im Sachunterricht. In: Riquarts, Kurt u. a. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland. Bd. 3: Didaktik. Kiel: IPN 1992, S. 191-256
- Löffler, Gerhard; Köhnlein, Walter: Weg in die Naturwissenschaften – Ein bruchloser Weg? In: *physica didactica* 12(1985)4, S. 39-50
- Löffler, Gerhard: Analyse von Wahrnehmung und Ausdruck als methodischer Weg zur Einsicht, wie Kinder erkennen. In: Lauterbach, Roland; Köhnlein, Walter; Spreckelsen, Kay; Bauer, Herbert F. (Hrsg.): Wie Kinder erkennen. (= Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 1) Kiel: IPN 1991, S. 21-33
- Möller, Kornelia: Handeln, Denken und Verstehen. Untersuchungen zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht in der Grundschule (= Naturwissenschaft und Unterricht – Didaktik im Gespräch, Bd. 9) Essen: Westarp 1991
- Möller, Kornelia: Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: Köhnlein, Walter; Marquardt-Mau, Brunhilde; Schreier, Helmut (Hrsg.): Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht (= Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 3) Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1999a, S. 125-191
- Möller, Kornelia: Verstehendes Lernen im Sachunterricht – „Wie kommt es, dass ein Flugzeug fliegt?“. In: Brechel, Renate (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Alsbach: Leuchtturm-Verlag 1999b, S. 164–166
- Möller, Kornelia: Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: Duit, Reinders; von Rhöneck, Christoph: Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lernforschung. Kiel: IPN 2000a, S. 131-156
- Möller, Kornelia: Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In: Roßbach, Hans-Günther (Hrsg.): Jahrbuch Grundschulforschung. Bd. 4. Leverkusen: Leske und Buderich 2000b (im Druck)
- Möller, Kornelia; Tenberge, Claudia; Ziemann, Uwe : Technische Bildung im Sachunterricht: Eine quantitative Studie zur Ist-Situation an nordrhein-westfälischen Grundschulen (= Veröffentlichungen der Abteilung Didaktik des Sachunterrichts/ Institut für Forschung und Lehre für die Primarstufe, Bd. 2) Münster: Selbstverlag 1996
- Möller, Kornelia; Engelen, Achim; Jonen, Angela: Lernfortschrittsdiagnosen über Interviews – Ergebnisse einer Pilotstudie zum Thema Schwimmen und Sinken im Sachunterricht der Grundschule. In: Spreckelsen, K.; Möller, K. und Hartinger, A. (Hrsg.): Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht (= Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 5). Bad Heilbrunn: Klinkhardt (in Vorb.)
- Neuhaus-Siemon, Elisabeth: Reform der Grundschule. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1991

- Pfundt, Helga; Duit, Reinders : Bibliographie Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht. Kiel: IPN 1994
- Reinmann-Rothmeier, Gabi; Mandl, Heinz: Wissensvermittlung. Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs. In: Birbaumer, Niels u. a. (Hrsg.): Enzyklopädie der Psychologie. Bd. 6: Wissen. Göttingen, Bern Toronto, Seattle 1998, S. 457-500
- Reinmann-Rothmeier, Gabi; Mandl, Heinz: Instruktion. In: Perleth, Christoph; Ziegler, Albert (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Grundlagen und Anwendungsfelder. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Huber 1999, S. 207-215
- Reusser, Kurt: „Und sie bewegt sich doch“ – aber man behalte die Richtung im Auge! Zum Wandel der Schule und zum neu-alten pädagogischen Rollenverständnis von Lehrerinnen und Lehrern. In: Die neue Schulpraxis, (1999) 7/8, S. 11-15
- Riquarts, Kurt u. a. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland. Bd. 3: Didaktik. Kiel: IPN 1992
- Roth, Heinrich (Hrsg.): Begabung und Lernen. Ergebnisse und Folgerungen neuerer Forschung (= Deutscher Bildungsrat. Gutachten und Studien der Bildungskommission, Bd. 4) Stuttgart: Klett 1970
- Schieder, Monika; Wiesner, Hartmut: Wetter – eine empirische Studie zu Vorstellungen und Lernprozessen. In: Sache-Wort-Zahl, 25(1997) 11, S. 52-54
- Schietzel, Carl: Exakte Naturwissenschaften in der Grundschule? In: Grundschule, 5 (1973a) 3, S. 153-164
- Schietzel, Carl: Die Grundschule auf dem Weg zur Physik. In: Grundschule, 5(1973b)3, S. 214-216
- Schreier, Helmut: Enttrivialisieren den Sachunterricht! In: Grundschule, 21 (1989) 3, S. 10-13
- Schwartz, Erwin: Heimatkunde oder Sachunterricht? Keine Alternative! In: Schwartz, Erwin (Hrsg.): Von der Heimatkunde zum Sachunterricht. Braunschweig: Westermann 1977, S. 9-23
- Sodian, Beate: Entwicklung bereichsspezifischen Wissens. In: Oerter, Rolf; Montada, Leo (Hrsg.): Entwicklungspsychologie. Weinheim: Psychologie Verlags Union 1995, S. 622-653
- Sodian, Beate; Thoerner, Claudia: Naturwissenschaftliches Denken im Grundschulalter. In: Spreckelsen; Kay; Möller, Kornelia; Hartinger, Andreas: Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht (= Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 5). Bad Heilbrunn: Klinkhardt (in Vorb.).
- Soostmeyer, Michael: Problemorientiertes Lernen im Sachunterricht. Entdeckendes und forschendes Lernen im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht. (= Uni Taschenbücher, Bd. 837) Paderborn, München, Wien, Zürich: Schöningh 1978
- Soostmeyer, Michael: Zur Sache Sachunterricht. Frankfurt a. M., Berlin, Bern, New York, Paris, Wien: Lang 1988
- Spada, Hans; Lay, Katja: Erwerb und Anwendung domänenspezifischen Wissens. Eine psychologische Perspektive. In: Duit, Reinders; von Rhöneck, Christoph: Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lernforschung. Kiel: IPN 2000, S. 17-35
- Spreckelsen, Kay: Kindliches Umweltverstehen und seine Bedeutung für den Sachunterricht. In: Duncker, Ludwig; Popp, Walter (Hrsg.): Kind und Sache. Zur pädagogischen Grundlegung des Sachunterrichts. München: Juventa 1994, S. 213-224
- Spreckelsen, Kay: Phänomenkreise als Verstehenshilfe. In: Köhlein, Walter; Marquardt-Mau, Brunhilde; Schreier, Helmut (Hrsg.): Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1997, S. 111-127

- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (1970): Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule. In: Neuhaus, Elisabeth (Hrsg.): Reform der Grundschule. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1991, S. 301-329
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland: Tendenzen und Auffassungen zum Sachunterricht in der Grundschule. (Bericht des Schulausschusses 1980). In: Einsiedler, Wolfgang; Rabenstein, Rainer (Hrsg.): Grundlegendes Lernen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1985, S. 117-125
- Stork, Heinrich; Wiesner, Hartmut: Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre und Sachunterricht. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 9(1981) 6, S. 218-230
- Strunck, Ulrich; Lück, Gisela; Demuth, Reinhard: 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(1998)1, S. 69-81
- Thiel, Siegfried: Grundschulkind zwischen Umgangserfahrung und Naturwissenschaft. In: Wagenschein, Martin: Kinder auf dem Weg zur Physik. Weinheim, Basel: Beltz 1990, S. 90-180 (Erstausgabe 1973)
- Tütken, Hans; Spreckelsen, Kay (Hrsg.): Konzeptionen und Beispiele des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Frankfurt a.M. u. a.: Diesterweg 1973
- Wagenschein, Martin: Kinder auf dem Wege zur Physik. Weinheim, Basel: Beltz 1990. (Erstausgabe 1973)
- White, Richard; Gunstone, Richard: Alternativen zur Erfassung von Verstehensprozessen. In: Unterrichtswissenschaft, 27 (1999) 2, 128-134
- Wiesenfarth, Gerhard: Kontinuität oder Diskontinuität – eine überflüssige Diskussion? In: Lauterbach, Roland; Köhnlein, Walter; Spreckelsen, Kay; Bauer, Herbert F. (Hrsg.): Wie Kinder erkennen. (= Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 1) Kiel: IPN 1991, S. 98-122
- Wiesner, Hartmut; Stengl, D.: Vorstellungen von Schülern in der Primarstufe zu Temperatur und Wärme. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 12 (1984) 12, S. 445-452
- Wiesner, Hartmut; Claus, J.: Temperatur und Temperaturvergleich. Bericht über Unterrichtsversuche zur Wärmelehre. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 13 (1985a) 6, S. 200-205
- Wiesner, Hartmut; Claus, J.: Vorstellungen zu Schatten und Licht bei Schülern der Primarstufe. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 13 (1985b) 9, S. 318-322
- Wiesner, Hartmut: Schwimmen und Sinken: Ist Piagets Theorie noch immer eine geeignete Interpretationshilfe für Lernvorgänge? In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 19 (1991) 1, S. 2-6
- Wiesner, Hartmut: Physikunterricht – an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert. In: Unterrichtswissenschaft, 23 (1995a) 2, S. 127-145
- Wiesner, Hartmut: Untersuchungen zu Lernschwierigkeiten von Grundschulern in der Elektrizitätslehre. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 23 (1995b) 2, S. 50-58