

Ziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht – Anspruch und Realität

Reinders Duit

Mit den Zielen für den naturwissenschaftlichen Unterricht hat es seine besondere Bewandnis. Auf der einen Seite fordert die Allgemeine Didaktik, daß alle Unterrichtsplanung vom Primat der Ziele auszugehen habe (Klafki, 1969), daß die Ziele den Zusammenhang aller Elemente der Unterrichtsplanung durchziehen müssen (Heimann, Otto & Schulz, 1969). Die Curriculumbewegung in den 70er Jahren hat ganz zu Recht als ein zentrales Prinzip herausgestellt, daß der gesamte Prozeß der Unterrichtsplanung unter allgemeinen Leitideen durchzuführen sei (Eigenmann & Strittmatter, 1972), die im Prozeß der Curriculumentwicklung gewissermaßen "kleingearbeitet" (Klafki, 1991) werden müssen. Auf der anderen Seite gibt es die Schulrealität, in der häufig nur schwer zu erkennen ist, welche allgemeinen Ziele beim Unterrichten eines bestimmten Inhalts verfolgt werden. Aspekte des Inhaltlichen dominieren und verdecken das über die Vermittlung eines kanonischen Inhalts der Naturwissenschaften Hinausgehende. Lehrpläne beginnen in der Regel mit einer Präambel, in der in feierlicher Form verkündet wird, welche Ziele der betreffende Unterricht hat und daß diese Ziele mit den nachfolgend aufgelisteten Inhalten verwirklicht werden sollen. Häufig stehen die Inhaltslisten (auch wenn sie recht ausführlich beschrieben sind) aber gewissermaßen allein, d.h. *wie* die allgemeinen Ziele mit diesen Inhalten realisiert werden können, bleibt offen. Es wird den Lehrern überlassen, die mit diesem Lehrplan zurechtkommen müssen, wie die allgemeinen Ziele zu realisieren sind. Als wir im Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel in den späten 60er und in den frühen 70er Jahren Curricula für den naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt und erprobt haben, so geschah das, der Curriculumbewegung der damaligen Zeit entsprechend unter allgemeinen Leitideen, die ganz systematisch "kleingearbeitet" wurden. Dennoch sagten uns einige an der Entwicklung beteiligte Lehrer, halb im Scherz, aber eben auch halb im Ernst: "Die Ziele? Die machen wir, nachdem wir die Inhalte klar ausgearbeitet haben".

Es ist unverkennbar, daß sehr häufig eine tiefe Kluft zwischen der Proklamation hoher allgemeiner Ziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht und der Unterrichtsrealität klafft. Mit anderen Worten, es gibt eine Tendenz zur Trivialisierung der allgemeinen Ziele, von den Proklamationen hinunter zur Unterrichtsstunde. Dafür gibt es gute Gründe. Zwei scheinen mir besonders wichtig zu sein. Erstens gehen die hohen, hehren Ziele bis zu einem gewissen Grade an dem vorbei, was in der Schulrealität, unter den Bedingungen der real existierenden Schule überhaupt zu leisten ist. Zweitens aber werden die Ziele, wie bereits erwähnt, nicht konsequent genug "kleingearbeitet", d.h. es wird nicht nachdrücklich und systematisch genug dafür Sorge getragen, daß die Lehrer erkennen können,

was über das Inhaltliche hinaus angestrebt wird und *wie* dies realisiert werden kann.

Im folgenden möchte ich mich mit beiden Aspekten beschäftigen. Dabei sollten die Erwartungen an diesen Beitrag nicht zu hoch angesetzt werden. Alles, was ich hier leisten kann, ist, einige mir wichtige Gesichtspunkte hervorzuheben und sie damit zur Diskussion zu stellen und eventuell einige Anregungen zu geben, wie die tiefe Kluft zwischen allgemeinen Zielen und der Realität der Schule überbrückt werden kann. Um Mißverständnisse zu vermeiden, will ich allerdings betonen, daß allgemeine Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts der pädagogischen Praxis immer voraus sein müssen. In anderen Worten, Schulpraxis benötigt ein "Idealbild", an dem sie sich orientieren kann, auch wenn sich dieses Idealbild nur bis zu einem gewissen Grade realisieren läßt. Die Feiertagsdidaktik der hohen Ziele hat durchaus ihren Wert für die graue Praxis des Alltags.

Zur Einstimmung: Ziele für die Naturlehre aus dem Jahre 1775

Aus der Frühzeit unserer Fächer stammen die Ziele, die Johann Lorenz Boeckmann seinem Buch "Naturlehre, oder: die gänzlich umgearbeitete malerische Physik" (Karlsruhe, 1775) voranstellt (zitiert nach Lind, 1996):

Vernünftige Wesen werden durch nichts so sehr zur Erlernung einer Wissenschaft gereizt, als wenn man sie überführt, wie wichtig, nützlich, und angenehm sie sey; Ich halte es daher für Pflicht etwas wenigens vom Nutzen der Naturlehre herzusetzen.

(1) Sie lehret uns auf überzeugende Weise einen Gott kennen, der allmächtig, weise und gütig ist. Beyspiele und Beweis ist die ganze Natur.

(2) Sie vergrößert und erhöht unsere Einsichten und Kenntnisse.

(3) Sie erwecket durch so viele reizende Beobachtungen und Versuche das würdigste und reinste Vergnügen in unserer Seele. Man denke nur an die angenehmen Versuche mit dem Sonnen-Microscop, mit den Farben, mit der Electricier-Maschine, mit dem Magnet etc.

(4) Sie nimmt uns die kindliche Furcht und Aberglauben. Man denke an die Cometen, Irrwische, Nordlichter, Sympathien etc.

(5) Durch sie erreichen fast alle Künste und Handwerker ihren Grad der Vollkommenheit. Man überlege doch nur, ob nicht die ganze Verbesserung der Oeconomie, der Färbereyen, der Zubereitung des Leders und unzähliges anderes von der richtigen und gründlichen Kenntniss der Naturlehre ihren Ursprung nehmen muß. Wem dies nicht genug zur Aufmunterung ist, der ist nicht werth ein Mensch zu seyn.

Prof. Dr. Reinders Duit, Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften, Universität Kiel, Olshausenstr. 62, D-24098 Kiel, Vortrag bei Seminar PFL-Naturwissenschaften in Bad Gleichenberg, April 1996

Ich denke, an diesem Beispiel wird deutlich, wie sehr Ziele sowohl von den kulturellen und gesellschaftlichen Gegebenheiten der betreffenden Epoche wie vom jeweiligen Stand der Wissenschaften bestimmt sind. Es ist hier zum Beispiel zu spüren, daß die Naturlehre (und das war vor allem die Physik) in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts auch etwas war, das in den Salons der Reichen und Besitzenden zur Unterhaltung diente (man denke an die damals so beliebten Experimente zur Elektrostatik) und folglich Spaß machte. Die uns heute so notwendig erscheinende Mathematisierung wurde in der Regel als weniger wichtig erachtet, weil, so der Autor eines Lehrbuchs aus dem Jahre 1772, Johann Christian Polycarp Erleben, die mathematischen Beweise für den Leser sehr ermüdend, langweilig und vermutlich unverständlich seien (zitiert nach Lind, 1996). Ein wichtiger Aspekt dieses Zielkatalogs ist der Nutzen der Naturlehre. Ohne Zweifel finden sich in diesem Katalog also Aspekte, die uns vertraut sind, die auch heute, vielleicht anders akzentuiert ausgedrückt, noch aktuell sind.

Sechzehn Gesichtspunkte zur Inhaltsauswahl

Häußler und Lauterbach (1976) haben ein in sich stimmendes System von Lernzielen erarbeitet, das Jung (in Bleichroth et al., 1991, S. 48) so kommentiert: "Weg von einer idealisierten Betrachtung der Physik als einem logischen System und einer aus rein rationalen Prozessen bestehenden Forschung, hin zu einer realistischen Betrachtungsweise, in der die Physiker als Menschen unter Menschen, eingebunden in soziale Beziehungen gesehen werden, mit menschlichen Motiven und Interessen. Die Autoren akzeptieren auch die enge Verflechtung zwischen Physik und Technik innerhalb des gesellschaftlichen Interessen- und Kräftespiels". Sie unterscheiden vier Bereiche:

A: Deutungsbereich Naturwissenschaft/Technik

B: Gesellschaftsbezogener Handlungsbereich

C: Umweltbezogener Handlungsbereich

D: Handlungsbereich Unterricht

Auf der Basis dieses Ansatzes leiten sie einen Katalog von Zielen ab, der dann pragmatisch in die Form der unten aufgeführten "16 Gesichtspunkte zur Inhaltsauswahl" überführt worden ist. Mit dieser pragmatischen Überführung sollte gesichert werden, daß die allgemeinen Ziele nicht abgehoben von den Inhalten des Unterrichts verbleiben. Praktisch wird so vorgegangen, daß ein in Rede stehender Inhalt systematisch daraufhin befragt wird, ob er geeignet ist, die aufgeführten Gesichtspunkte zum Tragen kommen zu lassen. In der Liste der Gesichtspunkte erkennt man viele, die sich in anderen Zielkatalogen auch finden. Sicher ist, daß der Katalog aus heutiger Sicht ergänzt werden könnte. Das soll hier nicht erörtert werden. Es geht mir lediglich darum, eine Möglichkeit aufzuzeigen, wie auf relativ einfache Weise die oben beschriebene Kluft zwischen allgemeinen Zielen und der Unterrichtsrealität verringert werden kann. Die 16 Gesichtspunkte haben sich sowohl bei der Entwicklung von Unterricht (s. Duit, Häußler & Kircher, 1981) wie bei der Lehrplanarbeit (*Empfehlungen zur Entwicklung von Lehrplänen für den Physikunterricht der Sekundarstufe I*, 1976) bewährt.

16 Gesichtspunkte zur Inhaltsauswahl

(aus Duit, Häußler & Kircher, 1981)

Ist der Inhalt geeignet,

- I grundlegende Begriffe und Gesetze aus der Naturwissenschaft zu erarbeiten?
- II für Naturwissenschaft und Technik wesentliche Denkweisen, Methoden, Darstellungsformen, Arbeitstechniken und Verfahren zu erklären?
- III die Grenzen, Vorläufigkeit und Einseitigkeit naturwissenschaftlicher Aussagen aufzuweisen.
- IV die Erschließung anderer inhaltlicher Bereiche zu erleichtern?
- V aufzuweisen, daß naturwissenschaftliche Erkenntnisse technisch verwertbar sind und daß technologischer Fortschritt die Naturwissenschaft vor neue Erkenntnisse stellen kann?
- VI die wechselseitige Verflechtung von Naturwissenschaft, Technik, Wirtschaft und sozialer Lebenswelt aufzuweisen?
- VII die historische Entwicklung von Naturwissenschaft und Technik und die jeweiligen Faktoren, die zu dieser Entwicklung geführt haben, aufzuzeigen?
- VIII durch Naturwissenschaft und Technik ermöglichte Fehlentwicklungen aufzuweisen, d.h. ist er ein kontroverses Thema unserer Zeit?
- IX zu demonstrieren, wie Naturwissenschaft und Technik unsere Umwelt verändert haben und wie man zur verantwortungsbewußten Mitgestaltung beitragen kann?
- X zu demonstrieren, wie heute naturwissenschaftliche Forschung und technische Entwicklung vollzogen oder beeinflußt werden können?
- XI dem Schüler Kenntnisse und Verhaltensgewohnheiten zur physischen und psychischen Gesunderhaltung zu vermitteln?
- XII dem Schüler Fähigkeiten, Kenntnisse und Fertigkeiten zur unmittelbaren Lebensbewältigung zu vermitteln?
- XIII die natürliche und technische Umwelt begreifen zu helfen?
- XIV Neigungen, Interessen und Probleme der Schüler gemäß ihrer Lernerfahrungen zu berücksichtigen?
- XV selbstorganisiertes Lernen, kreatives Denken und selbständiges wie kooperatives Handeln anzuregen und zu ermöglichen?
- XVI selbständiges Experimentieren zu ermöglichen?

Physikalische Bildung für Heute und Morgen – Eine Delphi-Studie zur Bestimmung von Zielen des Physikunterrichts

Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts sollten in einem demokratischen Gesellschaftssystem eigentlich auf einem breiten Konsens beruhen. Das gilt für die in Lehrplänen der Schulpraxis gewissermaßen verordneten Ziele sehr häufig nicht. In der Tat sind konsensbildende Verfahren, die darüber hinaus auch wissenschaftlichen Ansprüchen genügen, sehr aufwendig. Im Bereich des Physikunterrichts hat das Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel in den 80er Jahren ein solches Konsensbildungsverfahren zur "wünschenswerten physikalischen Bildung" in Gang gesetzt (s. die Zusammenfassung von Ergebnissen in Häußler, Frey, Hoffmann, Rost & Spada, 1983). Für die anderen beiden

naturwissenschaftlichen Fächer liegt im deutschen Sprachraum keine ähnlich umfangreiche Studie vor. Mayer (1992) hat allerdings für den Bereich der "Formenkunde" im Biologieunterricht eine Delphi-Studie vorgelegt.

An der Physikstudie nahmen rund 100 Personen teil, die "mit physikalischer Bildung" befaßt waren, also Lehrer und Mitglieder von Lehrplankommissionen, Naturwissenschaftsdidaktiker, Allgemeindidaktiker, Angehörige der Bildungsverwaltung, Bildungspolitiker, Naturwissenschaftler, Ingenieure und schließlich Naturwissenschaftsjournalisten. In einer *ersten Runde* wurden die Teilnehmer aufgefordert, "Aussagen" zur physikalischen Bildung zu formulieren. Dabei war als Format vorgegeben, die einzelnen Aussagen nach den drei Kategorien zu gliedern, die Abb. 1 zeigt. Es kamen rund 500 Aussagen zusammen. Sie wurden von der Forschergruppe zu "Aussagenbündeln" zusammengefaßt und in einer *zweiten Runde* an alle Teilnehmer geschickt. Auf der Basis dieser Rückmeldungen wurden Konzepte für eine wünschenswerte physikalische Bildung erarbeitet, die dann den Teilnehmern in einer *dritten Runde* zur Einschätzung ihrer Relevanz vorgelegt wurden.

Situation/ Kontext/ Motiv	Die Menschheit ist durch die Fähigkeit zu technischen Großprojekten und den damit verbundenen, teilweise nicht absehbaren langfristigen Folgen/Einwirkungsmöglichkeiten, bzw. den damit verbundenen Mißbrauchsmöglichkeiten oder evtl. "Unglücksfällen" in einer neuen gewaltigen Dimension bedroht.
Gebiet	Dies betrifft z.B. die Energiewirtschaft, die Rüstung das Bauwesen, die Verkehrstechnik, Klimabeeinflussung, Überwachungssysteme... Man sollte deshalb entsprechende Gefährdungen und Mißbrauchsmöglichkeiten
Verfügbarkeit	kennenlernen, moralisch werten können und ständiges Interesse an diesen Fragen aufbauen.

Abb. 1: Beispiel für eine Aussage der Delphi-Studie (aus Häußler et al., 1983, 7)

Es ergaben sich als Konsens der beteiligten Gruppe die im folgenden aufgeführten 5 Konzepte für eine wünschenswerte physikalische Bildung.

Konzept A: Physik und Gesellschaft

Dieses Konzept physikalischer Bildung besteht darin, die enge Verflechtung naturwissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Entwicklungen zu erkennen und zu beurteilen, naturwissenschaftlich-technische Entwicklungen und Neuerungen kritisch aufmerksam zu verfolgen und grob einzuordnen sowie Fehlentwicklungen und deren Folgen für die Umwelt zu verstehen und zu beurteilen. Dazu gehört auch kritisch-reflektiertes, verantwortungsbewußtes Handeln und die Bereitschaft, über anstehende Probleme zu diskutieren und die eigenen Einsichten in gesellschaftlich-politisches Handeln umzusetzen.

Konzept B: Physik im Alltag

Entsprechend diesem Konzept erleichtert physikalische Bildung, den Anforderungen des täglichen Lebens besser gerecht zu werden. Wissen über und Verstehen von Funktionsweisen technischer Objekte sowie die Verfügbarkeit entsprechender handwerklicher Fertigkeiten ermöglichen einerseits einen sachgerechten Umgang mit technischen Systemen und Geräten im Wohn- und Haushaltsbereich und führen andererseits zum Erkennen und Vermeiden von Gefahrenquellen und Unfällen.

Konzept C: Physik als Erlebnis

Dieses Konzept physikalischer Bildung geht davon aus, daß die Eindrücke, die der einzelne in seiner Auseinandersetzung mit der natürlichen und technischen Umwelt empfängt, auch Angst, Aversion, Faszination und spontanes Erleben umfassen. Physikalische Bildung bereichert und steuert die Einstellungen und Gefühle, mit denen der Mensch der Technik und der Natur gegenübersteht und fördert so die Entwicklung im emotionalen Persönlichkeitsbereich.

Daneben kann physikalische Bildung zur freiwilligen, zweckfreien und subjektiv als befriedigend empfundenen Beschäftigung mit Physik führen, aber auch verschiedene Interessen und Aktivitäten anregen, die zur sinnvollen Gestaltung von Freizeit führen.

Konzept D: Physik als Methode

Entsprechend diesem Konzept dient physikalische Bildung auch dem Tradieren bedeutender Bestandteile unseres naturwissenschaftlichen Bildungsgutes. Durch die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten (wie Wissen erwerben, Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten verstehen, Probleme lösen, Transfer bilden, rational Beurteilen) sowie naturwissenschaftlicher Denkmethode und Begriffsschemata wird der intellektuelle Bereich der Persönlichkeit gefördert. Zudem wird ein angemessenes Bild von der Welt und ihren Gesetzmäßigkeiten aufgebaut. Dies trägt zu einem aufgeklärten Bewußtsein bei und macht das menschliche Handeln von irrationalen Fehlhaltungen (wie z.B. Aberglaube, blinde Wissenschaftsgläubigkeit, Technikfeindlichkeit) unabhängiger.

Konzept E: Physik und Beruf

Entsprechend diesem Konzept vermittelt physikalische Bildung Grundlagenqualifikationen für viele Berufe sowie einen Einblick in die technische Arbeitswelt und in von der Wissenschaft Physik geprägte Berufe (auch unter dem Aspekt der beruflichen Orientierung). Dabei stehen das Interesse, sich mit einem breiten Spektrum physikalischer Gebiete auseinanderzusetzen, sowie ein sachgerechter Umgang mit technischen Objekten im Vordergrund.

Diese fünf Konzepte haben sich in der Tat als konsensfähig erwiesen. Ähnliche Konzepte findet man zum Beispiel in Empfehlungen des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts aus dem Jahre 1983 zur Gestaltung von Physiklehrplänen. Allerdings wird dort das Konzept E "Physik und Beruf" nicht genannt. Dieses Konzept spielt auch in Lehrplänen für den Physikunterricht nur selten eine Rolle. Häußler (1992) hat die Lehrpläne der "alten" unserer Bundesländer analysiert und nur in drei von 20

Lehrplänen Hinweise auf die berufsvorbereitende Funktion des Physikunterrichts gefunden. In allen Lehrplänen dagegen wird die Physik als Wissenschaft (Konzept D) angesprochen, immerhin in 16 Lehrplänen wird die Bedeutung der Physik für die Gesellschaft (Konzept A) genannt.

Einige Informationen, welche Aspekte allgemeiner Ziele in der Unterrichtsrealität zum Tragen kommen, geben Ergebnisse einer umfangreichen Interessenstudie (Hoffmann et al., in Vorbereitung). Schülerinnen und Schüler der 9. Schulstufe wurden gefragt, wie häufig in den letzten Monaten die im folgenden genannten Aspekte im Unterricht zum Tragen gekommen waren. Sie gaben ihre Einschätzung auf einer Skala: 5 = sehr oft; 4 = oft; 3 = mittel; 2 = selten; 1 = nie.

Die folgende Tabelle zeigt die Mittelwerte:

Technische Anwendungen, die jetzt und zukünftig für uns alle von großem Nutzen sein können (Konzept A)	2.3
Technische Anwendungen, die mit großem Risiko für uns alle und unsere Umwelt behaftet sind (Konzept A)	2.3
Technische Geräte (Verkehrsmittel, Elektrogeräte), mit denen man häufig zu tun hat (Konzept B)	2.8
Vorgänge und Erscheinungen, die man in der Natur beobachten und erleben kann (Konzept C)	2.2
Beschreibung und Erklärung von physikalischen Versuchen, Vorgängen und Erscheinungen (Konzept D)	3.4
Naturgesetze, die es erlauben, bestimmte physikalische Größen exakt zu berechnen (Konzept D)	3.0
Die Art und Weise, wie in bestimmten physikalisch/technischen Berufen gearbeitet wird (Konzept E)	1.8

Es ist interessant zu bemerken, daß die Teilnehmer der Delphi-Studie eine andere Gewichtung der Ziele gegeben haben, als sie sich in den Lehrplänen und in den Aussagen der Schülerinnen und Schüler über die Unterrichtsrealität spiegeln (Abb.2). Dort liegen Aspekte, die dem Konzept A "Physik und Gesellschaft" zuzuordnen sind, vorn, während wissenschaftsimmanente Motivierung eine deutlich geringere Priorität gegeben wird. Dies erklärt sich wohl auch dadurch, daß an der Delphi-Studie nicht allein Personen teilgenommen haben, die Lehrpläne und Schulrealität bestimmen.

Durch die Aufspaltung von Aussagen in die drei Aspekte "Situation/Kontext/Motiv", "Gebiet" und "Verfügbarkeit" (s. Abb. 1) ist bei der Delphi-Studie vermieden worden, daß relativ allgemeine Ziele wie die fünf Konzepte für eine wünschenswerte physikalische Bildung unverbunden mit konkreten Situationen, in denen sie realisiert werden können, bleiben. Die Studie gibt vielmehr eine Reihe von Hinweisen, mit denen die Kluft zwischen hohem Anspruch und Unterrichtsrealität geschlossen werden kann. Die Konzepte sind vielfältig genutzt worden, um konkret Unterricht zu planen. Beispielsweise ruht ein Projekt für die Förderung von Mädchen im Physikunterricht auf den Resultaten der Delphi-Studie (s. dazu weiter unten).

Schlüsselprobleme unserer Gesellschaft und Ziele des naturwissenschaftlichen Unterricht

In der Debatte um ein zeitgemäßes Konzept einer schulischen Allgemeinbildung spielen seit einigen Jahren "Schlüsselprobleme" eine wichtige Rolle. Wolfgang Klafki, einer der Großen der deutschen geisteswissenschaftlichen Pädagogik, hat sich zu diesem Thema auch in Hinsicht auf den naturwissenschaftlichen Unterricht zu Wort gemeldet (Klafki, 1991). Auf einer Tagung zur "Gesellschaftlichen Verantwortung des Naturwissenschaftslehrers" hat er sein Konzept einer Allgemeinbildung, die sich an Schlüsselproblemen der heutigen und der zukünftigen Gesellschaften orientiert, zur Diskussion gestellt. Klafki geht es, wie er nachdrücklich betont, darum, das Programm der Aufklärung, das mit Kants berühmten Diktum des "Ausgangs des Menschen aus seiner selbstverschuldeten Unmündigkeit" angedeutet sei, fortzuschreiben, um die heutige Welt und die zukünftigen gravierenden Probleme, mit denen die Menschheit zu tun haben wird, zu bewältigen.

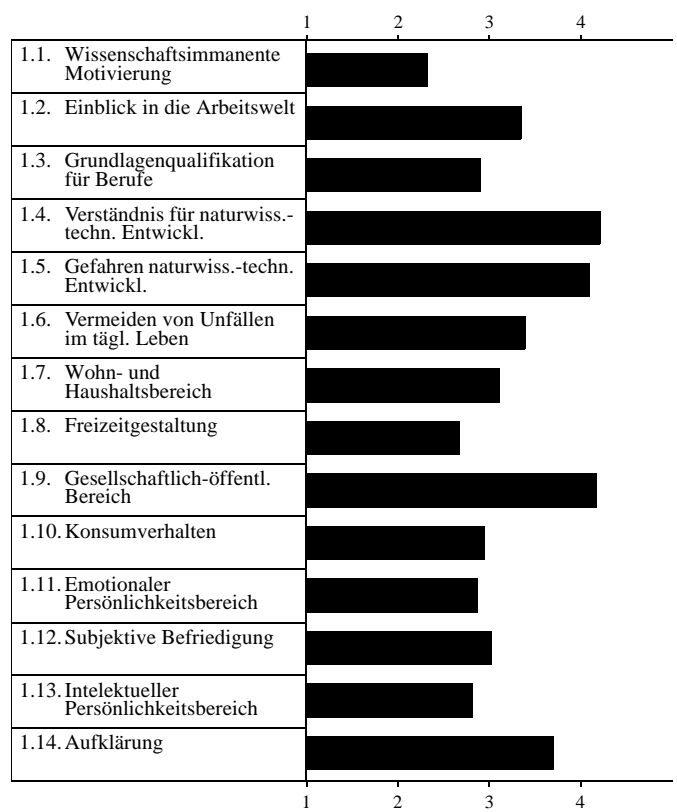


Abb. 2: Mittelwertprofil der Prioritäteneinschätzungen von Schülerinnen und Schülern für die Aussagenbündel zum Aussageelement "Situation/Kontext/Motiv" (Skala: 1 = sehr geringe, 5 = sehr hohe Priorität; nach. Häußler et al., 1983, 13)

Dies Programm kann, mit den Worten von Klafki (1991) wie folgt umrissen werden (Hervorhebungen von R.D.):

"Bildung muß m.E. heute als selbsttätig erarbeiteter und personal verantworteter Zusammenhang dreier Grundfähigkeiten verstanden werden:

- als *Fähigkeit zur Selbstbestimmung* jedes einzelnen über seine individuellen Lebensbeziehungen und Sinndeutungen zwischenmenschlicher, beruflicher, ethischer, religiöser Art;
- als *Mitbestimmungsfähigkeit*, insofern jeder und jede Anspruch, Möglichkeit und Verantwortung für die Gestal-

tung unserer gemeinsamen kulturellen, gesellschaftlichen und politischen Verhältnisse hat;

- als *Solidaritätsfähigkeit*, insofern der eigene Anspruch auf Selbst- und Mitbestimmung nur dann gerechtfertigt werden kann, wenn er nicht nur mit der Anerkennung, sondern mit dem Einsatz für diejenigen und dem Zusammenschluß mit ihnen verbunden ist, denen eben solche Selbst- und Mitbestimmungsmöglichkeiten aufgrund gesellschaftlicher Verhältnisse, Unterprivilegierung, politischer Einschränkungen oder Unterdrückungen vorenthalten oder begrenzt werden."

Als *Schlüsselprobleme* nennt Klafki die folgenden:

1. Friedensfrage
2. Umweltfrage
3. Gesellschaftlich produzierte Ungleichheit
4. Gefahren und Möglichkeiten der neuen technischen Steuerungs-, Informations- und Kommunikationsmedien.
5. Zwischenmenschliche Verantwortung

Sowohl die oben genannten *Grundfähigkeiten* wie die *Schlüsselprobleme* leuchten unmittelbar ein, wenn auch jeder, je nach bildungspolitischem Standort, seine eigenen Schwerpunkte setzen wird. Es ist auch zu konstatieren, daß der naturwissenschaftliche Unterricht eine Reihe dieser Schlüsselprobleme in den letzten Jahren mit, so scheint es, zunehmender Intensität berücksichtigt hat. Dies gilt insbesondere für den Biologieunterricht, der sich unter den naturwissenschaftlichen Fächern besonders intensiv der Umweltfrage im Unterricht angenommen hat, dem aber auch die Friedensfrage seit längerem nicht fremd ist. Die Schulfächer Physik und Chemie stehen hinter dieser fächerübergreifenden Offenheit der Biologie noch zurück, wenngleich auch bei ihnen ein großes Engagement in der Umweltfrage, zur Zeit aber noch kaum in der Friedensfrage (s. dazu Westphal, 1992), zu erkennen ist. Insgesamt gesehen, sind diese Zielvorstellungen auf einer sehr hohen Ebene angesiedelt und infolgedessen interpretationsfähig und interpretationsbedürftig. Sie müssen, wie es Klafki im zitierten Beitrag selbst klar sagt, "kleingearbeitet" werden. Allerdings hat sich das in Bemühungen, die Schlüsselprobleme zu Leitlinien der Lehrplanarbeit zu machen, wie zum Beispiel im Land Schleswig-Holstein, als sehr schwierig erwiesen. Es gibt aus dieser Arbeit bislang sehr interessante Anregungen (s. Lehrplanrevision in Schleswig-Holstein, 1992), aber ein in sich geschlossenes Konzept eines auf den Schlüsselproblemen ruhenden Gesamtlehrplans liegt bis heute nicht vor. Wahrscheinlich sind die vielfältigen Brechungen, die hohe Ziele bei der Realisierung erfahren, in diesem Falle kaum zu bewältigen. Dennoch können die Überlegungen von Klafki Anregungen geben, zum Beispiel den Konsens der oben beschriebenen fünf Konzepte für eine wünschenswerte physikalische Bildung neu zu akzentuieren.

Interesse der Schülerinnen und Schüler an den naturwissenschaftlichen Fächern und am naturwissenschaftlichen Unterricht

Es gibt eine Reihe von Untersuchungen, in denen man Schülerinnen und Schüler gebeten hat, die Fächer zu nennen, die sie gerne und die sie weniger gerne mögen (s. zusammenfassend Krapp, 1996). Dabei ist im Prinzip immer herausgekommen,

daß die Physik und die Chemie, insbesondere bei den Mädchen, unbeliebt sind, während die Biologie als sehr beliebtes Fach eingeschätzt wird. Bei diesem Fach liegen die Beliebtheitseinschätzungen der Mädchen sogar vor denen der Jungen. Aufgeschreckt haben die Vertreter der Fächer Physik und Chemie auch die durch Abwahl offenkundig gewordene Abneigung gegen ihre Fächer. In den 70er Jahren wurde es den Schülerinnen und Schülern in Deutschland möglich, auf der gymnasialen Oberstufe im bestimmten Rahmen Fächer zu wählen oder eben abzuwählen. Die Biologie schnitt unter den naturwissenschaftlichen Fächern wieder besonders gut ab, rund 81% der Schülerinnen und Schüler wählten dieses Fach als Grund- oder Leistungskurs. Bei der Physik waren es dagegen nur 33%, bei der Chemie 40% (Weltner, 1979).

Sieht man sich die Interessenentwicklung im Verlaufe der Schulstufen 5 bis 10 an, so zeigt sich bei den beiden naturwissenschaftlichen "Problemfächern" (was das Interesse angeht), ein dramatischer Abfall, je länger die Schülerinnen und Schüler den entsprechenden Unterricht erhalten (Krapp, 1996). Dies gilt insbesondere für die Mädchen. Bei den Jungen sind die Interessenabfälle zwar ebenfalls vorhanden, aber für sie zählen Physik und Chemie nicht zu den unbeliebtesten Fächern, sondern nehmen dort eher eine mittlere Position ein. Auch bei der Biologie gibt es durchaus Interessenverluste über den genannten Zeitraum (Löwe, 1992), aber sie scheinen nicht so ausgeprägt zu sein wie bei den naturwissenschaftlichen Schwesterfächern. Es ist also unverkennbar, daß das Interesse an den "harten" naturwissenschaftlichen Fächern (dieses Schicksal teilt im übrigen auch die Mathematik) insbesondere bei den Mädchen sehr niedrig ist.

Um zu einem differenzierteren Bild von den Interessen der Schülerinnen und Schüler zu kommen, muß zunächst das *Fachinteresse*, also das Interesse am naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach (Biologie, Chemie oder Physik), vom *Sachinteresse* klar unterschieden werden. Es hat sich gezeigt, daß ein großes Interesse an der Sache keineswegs unmittelbar zu einem großen Interesse auch am Fach führt (Hoffmann et al., in Vorbereitung). Auch spielt beim Fachinteresse interessanterweise der erwartete allgemeine und auf einen angestrebten Beruf bezogene Nutzen z.B. im Falle von Physik kaum eine Rolle. Wenn also das Interesse an den Inhalten, den Sachen des Unterrichts groß ist, wenn also Schülerinnen und Schüler von den Inhalten begeistert sind, wenn überdies auch ein Nutzen davon erwartet wird, so bedeutet dies noch nicht, daß auch ein großes Interesse am Fach vorhanden ist. Eine wichtige Rolle spielt vielmehr, ob sich Schülerinnen und Schüler zum Beispiel das als schwierig erachtete Fach zutrauen, also das Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit.

Beim Sachinteresse, also dem Interesse an den Inhalten, gilt es zunächst eine häufig zu findende Meinung zu korrigieren: Interessenunterschiede zwischen den verschiedenen Gebieten der Physik und Chemie sind nicht so groß, wie man annehmen könnte (Häußler, 1987a). Viel wichtiger ist es, in welchem Anwendungsbereich ein bestimmter kanonischer Inhalt (wie zum Beispiel der elektrische Stromkreis oder die Ausdehnung bei Erwärmung) erscheint und welche interessanten bzw. beliebten Tätigkeiten mit dem Erwerb dieser Inhalte im Unterricht verbunden werden. Kurz zusammengefaßt ist es interessensfördernd, wenn die naturwissenschaftlichen Inhalte auf Alltagssituationen oder den menschlichen Körper angewendet

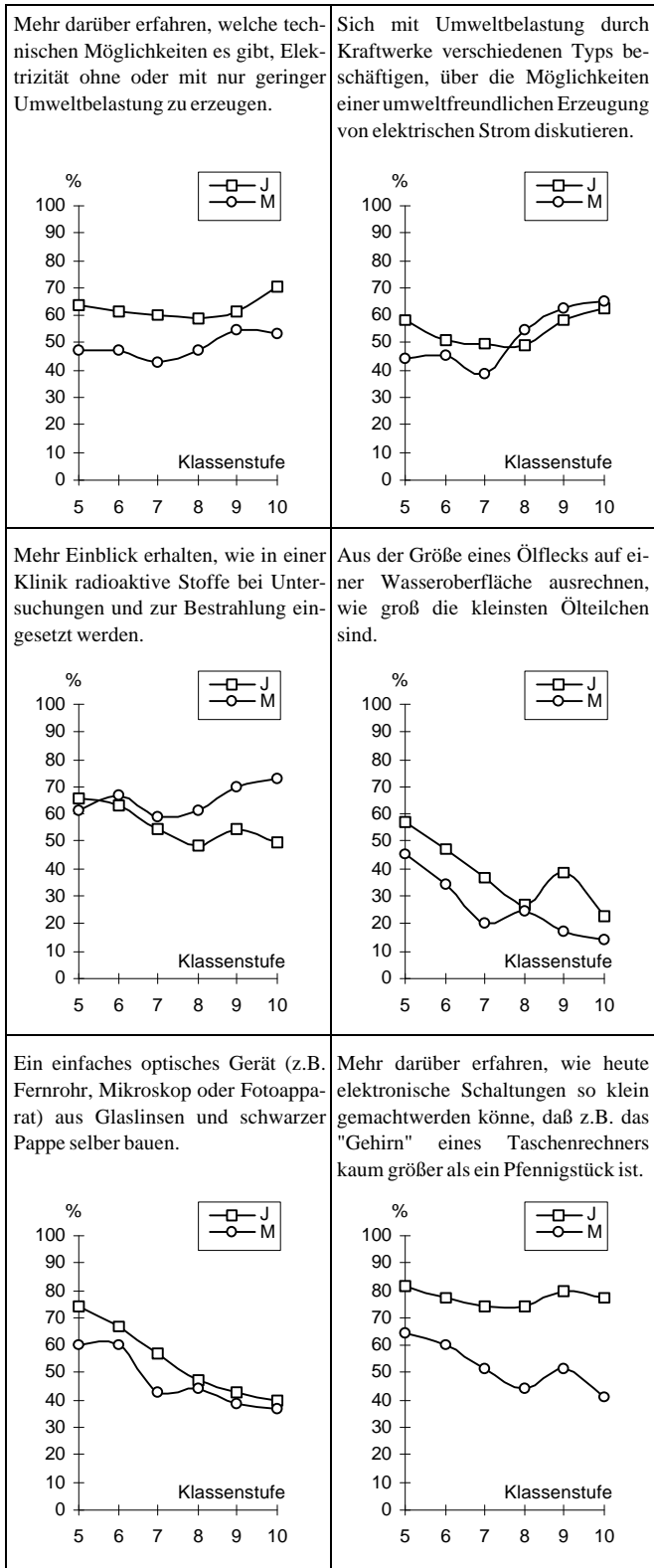


Abb. 3: Entwicklung von Interessen in den Schulstufen 5 bis 10 (Klassen 1 – 6; J=Jungen, M=Mädchen; nach Häußler & Hoffmann, 1990, S. 14 und 15).

werden, mit erstaunlichen Phänomenen verbunden sind oder ihre gesellschaftliche Bedeutung angesprochen wird. Was die Tätigkeiten angeht, so stoßen vor allem bei jüngeren Schülern das Bauen und Konstruieren, bei den älteren das Diskutieren und Bewerten auf großes Interesse. Dagegen wird jede Form von Berechnen oder etwas in einer Formel auszudrücken (also genau das, was im Physikunterricht traditionell eine große Rolle spielt) als uninteressant abgelehnt. Es ist oben bereits

davon die Rede gewesen, daß das Interesse im Verlaufe der Schulstufen 5 bis 10 stetig abnimmt. Das gilt für das Fach- wie das Sachinteresse. Aber es gibt durchaus unterschiedlich steile Abstiege und es gibt auch Bereiche, bei denen das Interesse sogar zunimmt. Abb. 3 zeigt die Interessenentwicklung für einige Aspekte. Abb. 4 faßt Ergebnisse der Untersuchungen von Häußler und Hoffmann (1995) zusammen. Diese Ergebnisse stammen aus einer groß angelegten Untersuchung zu Interessen an der Physik und am Physikunterricht. Die Resultate der für die anderen naturwissenschaftlichen Fächer vorliegenden Untersuchungen zeigen allerdings, daß diese Zusammenfassung im wesentlichen für alle naturwissenschaftlichen Fächer gilt.

- Die Anbindung der physikalischen Inhalte an alltägliche Erfahrungen und Beispiele aus der Umwelt der Schülerinnen und Schüler ist für beide interessensfördernd, für Mädchen jedoch nur, wenn sie dabei auf Erfahrung zurückgreifen können, die sie tatsächlich gemacht haben. (Negativbeispiel: Erfahrungen mit Werkzeugen oder Maschinen).
- Inhalte mit einer emotional positiv getönten Komponente, also etwa Phänomene, über die man staunen kann und die zu einem Aha-Erlebnis führen, werden generell als interessant empfunden. Mädchen sind dabei eher über die Sinne unmittelbar ansprechendes Erleben (z.B. Naturphänomene) erreichbar und weniger über erstaunliche technische Errungenschaften (Negativbeispiel: Leistung von Motoren)
- Das Interesse an der *gesellschaftlichen* Bedeutung von Physik ist generell relativ hoch: bei Mädchen um so höher, je älter sie sind und je deutlicher eine unmittelbare Betroffenheit angesprochen wird.
- Das Interesse an einem Bezug der Physik zum *menschlichen Körper* ist insbesondere bei Mädchen auffallend groß. Dazu gehören z.B. Anwendungen in der medizinischen Diagnostik und Therapie, Gefährdungen der Gesundheit und Erklärung der Funktionsweise von Sinnesorganen. Aber auch die Jungen interessieren sich dafür nicht weniger als z.B. für technische Anwendungen.
- Das Entdecken oder Nachvollziehen von *Gesetzmäßigkeiten um ihrer selbst willen* wird von Mädchen und Jungen als weniger interessant empfunden, insbesondere wenn es um eine quantitative Beschreibung (Formel!) geht. Das Interesse steigt, wenn ein *Anwendungsbezug* (s.o.) hergestellt wird, und dabei der Nutzen oder die Notwendigkeit einer Quantifizierung erfahren werden können.

Abb. 4: Zusammenstellung von Kontexten, in die physikalische Inhalte zur Steigerung des Sachinteresses eingebettet werden können (Häußler & Hoffmann, 1995, 113)

Es ist das Anliegen des hier vorliegenden Beitrags, abzuklären, wie es um Möglichkeiten steht, wichtige allgemeine Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Realität des Unterrichts zum Tragen kommen zu lassen. Die Forschungslage zeigt, daß es derzeit um die Interessen der Schülerinnen und Schüler insbesondere im Bereich der Physik und Chemie nicht zum Besten steht. Allerdings ist die Lage wiederum auch nicht so dramatisch, wie sie bisweilen dargestellt wird – wenn die Möglichkeiten zur Interessenförderung, die sich in den zusammengestellten Befunden klar abzeichnen, tatsächlich genutzt werden. Um Mißverständnissen vorzubeugen, muß allerdings betont werden, daß es dabei nicht um vordergründiges Aufgreifen von Interessen geht, wie es manchmal solchen interessensfördernden Vorhaben unterstellt wird (Jung, 1995). Es

kann sich vielmehr nur darum handeln, vorhandene Interessenkeime zu nutzen und Interesse für Dinge, die aus Sicht der allgemeinen Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts wichtig sind, zu wecken und zu fördern. Es gibt dazu inzwischen eine Reihe von Vorhaben, insbesondere im Bereich der Physik, das Interesse zu fördern (s. Häußler & Hoffmann, 1990; 1995; Faißt et al., 1994). Daß dabei besonderes Augenmerk auf die Förderung der Mädchen gelegt wird, versteht sich von selbst. Häußler und Hoffmann (1995) haben in einem umfangreichen Modellversuch Unterricht entwickelt und erprobt, der sich an den in Abb. 4 genannten Gesichtspunkten orientiert. Sie haben die im Lehrplan vorgegebenen Themen konsequent in einen interessenfördernden Kontext gesetzt. Beim Thema "Schallerzeugung und Schallausbreitung" haben sie z.B. den Unterricht um den Bau von Musikinstrumenten und um das Lärmproblem ("Wir messen Lärm") herum aufgebaut. Das traditionell schwierige und unbeliebte Thema "Kräfte und Geschwindigkeiten" haben sie im Kontext "Wir untersuchen den Fahrradhelm" behandelt. In ganz entsprechender Weise haben Duit, Häußler, Lauterbach, Mikelskis und Westphal (1991, 1993) traditionelle Lehrplanthemen in einem neuen Lehrbuch für die Schulstufen 5 bis 10 bearbeitet. Allerdings haben sie bislang noch keine Untersuchung zum Erfolg dieses Lehrbuchs durchgeführt. Im Falle des Modellversuchs von Häußler und Hoffmann (1995) hat es sich gezeigt, daß der geplante Unterricht tatsächlich interessenfördernd war. Die Förderung der Mädchen hat sich dabei nicht als Nachteil für die Jungen erwiesen. Im Gegenteil, auch sie profitierten von einer solchen Orientierung. Es wird damit die Meinung von Wagenschein (1965, 350) bestätigt, der bereits vor 30 Jahren das zentrale Problem, um das es hier geht, klar erkannt hat. Er schreibt: "Ich habe im Koedukationsunterricht immer die Erfahrung gemacht: wenn man sich nach den Mädchen richtet, so ist es auch für die Jungen richtig; umgekehrt aber nicht."

Vorstellungen und Lernen

Unzählige Forschungsarbeiten (s. die Bibliographie von Pfundt & Duit, 1994) haben in den vergangenen beiden Jahrzehnten gezeigt, daß Schülerinnen und Schüler bereits mit tief in Alltagserfahrungen verankerten Vorstellungen zu den Phänomenen und Begriffen in den naturwissenschaftlichen Unterricht kommen, um die es dort gehen soll. In der Regel stimmen diese vorunterrichtlichen Vorstellungen mit den zu lernenden naturwissenschaftlichen Vorstellungen zumindest in einigen zentralen Aspekten nicht überein. Da die vorunterrichtlichen Vorstellungen den einzigen Rahmen bilden, der den Schülerinnen und Schülern zur Interpretation des vom Lehrer oder vom Lehrbuch Präsentierten zur Verfügung steht, verstehen sie häufig das Präsentierte nicht in gleicher Weise, wie es eigentlich gemeint war. Tiefgreifende Lernschwierigkeiten sind die Folge. Es kann kein Zweifel daran bestehen, daß der naturwissenschaftliche Unterricht in der Schule in aller Regel nur relativ bescheidenen Erfolg hat, die Schülerinnen und Schüler zu den wissenschaftlichen Vorstellungen so weit zu leiten, wie es von Lehrplanmachern, Lehrbuchautoren und Lehrern eigentlich beabsichtigt war (s. dazu zusammenfassend Duit, 1993a, 1995).

Vielen mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht Befassten sind die wichtigsten Befunde dieser Forschungsrichtung in-

zwischen wohl vertraut, es genügt deshalb hier, an einige wichtige Ergebnisse kurz zu erinnern. Zunächst seien einige Vorstellungen, die zu Lernschwierigkeiten führen, aus den Gebieten Biologie, Chemie und Physik kurz beschrieben.

Vor allem jüngere Schüler haben zum Beispiel einen ganz anderen Begriff vom "Tier" als die Biologie. Für sie zählen vor allem die ihnen vertrauten Tiere, also vorwiegend Haustiere zu dieser Kategorie. In die biologische Klassifikation wachsen sie nur langsam und mühsam hinein (Bell, 1981). *Vererbung und Evolutionslehre* sind Gebiete, auf denen es den Schülern sehr schwer fällt, die biologischen Vorstellungen zu übernehmen (Wandersee, Good & Demastes, 1995). So werden häufig Gene und Merkmale nicht hinreichend unterschieden und Vererbung überwiegend als direkte Weitergabe erworbener Eigenschaften (im Lamarkschen Sinne) gedeutet. Anpassung wird als individuelle Reaktion auf (veränderte) Umweltbedingungen gesehen. Ebenso wird Selektion als Veränderung an Individuen verstanden und nicht als Häufigkeitsverschiebung von Anlagen innerhalb einer Population. Mit anderen Worten: viele Schülerinnen und Schüler verstehen die Rolle der Variabilität von Merkmalen innerhalb einer Population, also die Bedeutung der genetischen Vielfalt nicht. Die Rolle des Zufalls in Selektionsprozessen bleibt vielen Lernenden verschlossen. Es scheint, daß hier tief verankerte teleologische Vorstellungen eine Rolle spielen.

Im Chemieunterricht und im Physikunterricht hat das *Teilchenmodell* (also die Vorstellung, alle Dinge beständen aus kleinen Teilchen, die sich unablässig bewegen) einen zentralen Platz. Aber Schüler haben eine Reihe von Schwierigkeiten, dieses Modell zu verstehen (Duit, 1992; Driver & Scott, 1994). Der "naive" Blick auf die Welt um sie herum favorisiert eine Kontinuumsvorstellung. Teile dieser Vorstellung behalten die Schüler bei, wenn sie über den Aufbau aller Dinge aus Teilchen erfahren. Es gibt in ihren Vorstellungen nach dem Unterricht über das Teilchenmodell viele "Vermischungen" zwischen Teilchen- und Kontinuumsvorstellungen (Jung, 1992, nennt solche Vermischungen "Hybridvorstellungen"). So bereitet es vielen Schülerinnen und Schülern keine logischen Probleme, sich vorzustellen, daß aus einer als Kontinuum gedachten Wasserportion beim Verdampfen Gasteilchen entstehen. An einer weiteren Stelle zeigt sich der Einfluß einer tief sitzenden Alltagserfahrung: die meisten Schülerinnen und Schüler, die sich auf die Vorstellung, die Teilchen würden sich unablässig bewegen, einlassen, gehen von einem statischen Modell aus. Die Vorstellung, die Teilchen würden sich unablässig bewegen, widerspricht den Alltagserfahrungen. Dort kommt jede Bewegung nach einiger Zeit zur Ruhe, es sei denn sie wird immer wieder angetrieben. Schließlich zeigt sich in diesem Bereich, daß Unterricht zu Vorstellungen führen kann, die so nicht beabsichtigt waren. In der Regel wird nämlich im Unterricht versucht, den Schüler die "Welt der Teilchen" dadurch anschaulich klar zu machen, daß Vergleiche mit den Dingen der Alltagswelt herangezogen werden. Das unterstützt aber die Vorstellungen vieler Schülerinnen und Schüler, die den Teilchen selbst die Eigenschaften zuordnen, die eigentlich erklärt werden sollten. So sind für viele Schülerinnen und Schüler Schwefelatome gelb. Wärme wird so gedeutet, daß die Teilchen selbst warm werden.

Wandersee, Mintzes und Novak (1993) haben in einem Handbuchartikel die wichtigsten Befunde der Forschungen zu den Schülervorstellungen wie folgt zusammengefaßt:

1. Die Lernenden kommen in den naturwissenschaftlichen Unterricht mit einer Reihe von alternativen Vorstellungen zu Naturdingen und -vorgängen hinein.
2. *Diese alternativen Vorstellungen gibt es in allen Altersgruppen (von der Primarstufe bis hinauf zur Universität), bei allen Fähigkeitsgruppen der Lernenden, bei Mädchen und Jungen gleichermaßen und in allen Kulturen.*

Es sei angemerkt, daß selbstverständlich mit dem Alter die Häufigkeit bestimmter alternativer Vorstellungen abnimmt, aber man findet eben doch zum Beispiel auch auf der Universität noch bei einer großen Zahl von Lernenden Vorstellungen, zum Beispiel zum Kraftbegriff, die weit von naturwissenschaftlichen Vorstellungen entfernt sind. Ebenso zeigt es sich, daß die Häufigkeit von alternativen Vorstellungen bei Lernenden mit größeren intellektuellen Fähigkeiten seltener auftreten. Aber auch in dieser Gruppe findet man die alternativen Vorstellungen in der Regel in erstaunlich hohem Maße.

3. Alternative Vorstellungen sind "hartnäckig", sie lassen sich durch konventionellen naturwissenschaftlichen Unterricht nur schwer verändern.
4. Die alternativen Vorstellungen erinnern häufig an frühere historische Entwicklungsstufen.
5. Die alternativen Vorstellungen haben ihre Ursache in persönlichen Erfahrungen beim Umgang mit den Dingen der Welt (z. B. durch Beobachtungen, Sinneseindrücke, Handeln), in der Kultur und Sprache, in der die Lernenden aufwachsen, aber auch im vorangegangenen naturwissenschaftlichen Unterricht.
6. Lehrer haben gar nicht selten ähnliche alternative Vorstellungen wie ihre Schüler.
7. Das vorunterrichtliche Wissen der Schülerinnen und Schüler interagiert häufig mit dem Wissen, das im Unterricht präsentiert wird auf eine Weise, die so nicht beabsichtigt war.

Ein großes Problem ist dabei, daß dieses "Fehlgehen" der unterrichtlichen Bemühungen dem Lehrer nicht einmal bewußt wird.

8. Neue Unterrichtsansätze, die sich an der Idee des "Konzeptwechsels" orientieren, haben sich in der Regel als effektiv erwiesen.

Es ist also festzuhalten, daß der naturwissenschaftliche Unterricht in aller Regel weniger erfolgreich ist, als es bislang angenommen worden ist. Die Defizite zeigen sich freilich erst dann, wenn man auf *Verstehen* Wert legt und nicht auf das Reptieren von auswendig gelerntem Faktenwissen und das mehr oder weniger routinemäßig beherrschte Einsetzen der richtigen Werte in die richtigen Formeln. Dem naturwissenschaftlichen Unterricht gelingt es meist nur, die ihm Anvertrauten ein (kleines) Stück des Weges zu den wissenschaftlichen Vorstellungen zu führen. Häufig verfügen Schüler am Ende des naturwissenschaftlichen Unterrichts nur über "Hybridvorstellungen". Abschied zu nehmen ist von der Idee, der naturwissenschaftliche Unterricht könnte die "falschen" alternativen Vorstellungen der Schüler auslöschen und durch die richtigen

naturwissenschaftlichen Vorstellungen ersetzen. Es hat sich gezeigt, daß dieses nicht funktioniert. Ein realistisches Ziel ist es vielmehr, die Schüler zu überzeugen, daß in bestimmten Situationen, die intuitiven, alternativen Alltagsvorstellungen scheitern und daß dort die naturwissenschaftlichen Vorstellungen eine konsistentere und überzeugendere Orientierung bieten. Zu beachten ist, daß viele alternative Vorstellungen ja nicht falsch sind, sie bieten schließlich der übergroßen Mehrheit der naturwissenschaftlichen Laien eine Weltorientierung, die ausreicht, in der Welt um sie herum ausreichend gut zu rechtzukommen.

Wie auch beim Forschungsgebiet zu Interessen der Schülerinnen und Schüler ist man bei Forschungen zu Vorstellungen nicht dabei stehen geblieben, einen beklagenswerten Zustand genau aufzuklären und zu beschreiben. Es gibt vielmehr eine Reihe von neuen Unterrichtsansätzen und neuen Ideen, wie Lernen der Naturwissenschaften verbessert werden kann, die berechtigte Hoffnung geben, daß naturwissenschaftlicher Unterricht für Schülerinnen und Schüler befriedigender und effektiver gemacht werden kann (zu Trends der Forschung s. Duit, 1993b; zu den neuen Perspektiven von Konzeptwechselansätzen Duit, 1996; zu neuen Unterrichtsansätzen Duit, 1993a, 1995; Themenhefte März 1993 und Mai 1994 der Zeitschrift *Naturwissenschaften im Unterricht in Physik* sowie Labudde, 1993). Allerdings muß vor allzu großen Erwartungen gewarnt werden. Viele Lernschwierigkeiten liegen gewissermaßen in der Natur der Sache Lernen der Naturwissenschaften. Die physikalische Sicht zum Kraftbegriff zum Beispiel ist der Alltagssicht sehr fremd. Man kann in solchen Fällen nicht erwarten, daß es mit bestimmten methodischen Tricks oder dergleichen gelingt, Lernen der Naturwissenschaften ganz einfach zu machen. Ohne erhebliche geistige Anstrengungen der Schülerinnen und Schüler wird es nicht gehen. Schülerinnen und Schülern muß also einsichtig gemacht werden, daß sich diese Anstrengung lohnt und daß sie in der Lage sind, etwas zunächst unverständlich Erscheinendes tatsächlich zu durchschauen.

Was bleibt vom naturwissenschaftlichen Unterricht nach einigen Jahren?

Die Meinung ist weit verbreitet, vom naturwissenschaftlichen Unterricht bleibe kurze Zeit nach dem Unterricht nichts mehr übrig, der Unterricht gehe auf lange Sicht gewissermaßen spurlos an den Schülerinnen und Schülern vorbei. Diese Meinung ist falsch, sie hält den empirischen Untersuchungen, die es zu diesem Thema gibt, nicht stand (s. z.B. Fensham, 1975; Hyman, Wright & Reed, 1975; Roberts & Sutton, 1984; Häußler, Hoffmann & Rost, 1986). Es scheint vielmehr so zu sein, daß sich etwa in den ersten drei Jahren nach Abschluß des betreffenden Unterrichts ein durchaus beachtlicher Abfall des Wissens ergibt, daß dann aber der Wissensstand weitgehend stabil bleibt (Häußler, 1987b). Selbstverständlich ist es von der Art des Wissens abhängig, ob es auf lange Zeit erhalten bleibt. So scheint Wissen, das der Lernende mit eigener geistiger Anstrengung aufgebaut hat und das überdies mit anderen Wissensteilen vernetzt ist, länger behalten zu werden als gewissermaßen lediglich auswendig gelernte isolierte Fakten. Das Gedächtnis darf im übrigen nicht als passiver Speicher gesehen werden, in dem Wissen aufbewahrt wird. Vielmehr ist das Gedächtnis ein dynamisches System. Es gibt zum Beispiel Be-

funde, daß einmal gespeichertes naturwissenschaftliches Wissen sich im Verlaufe der Zeit deutlich umstrukturiert. In einer Untersuchung von Hoffmann et al. (1995) zeigte es sich zum Beispiel, daß Transferleistungen in Biologie und Physik mit der Zeit sogar ansteigen können.

Die umfangreichste Studie zum langzeitlichen Behalten naturwissenschaftlichen Wissens ist von Häußler, Hoffmann und Rost (1986) durchgeführt worden. 800 Erwachsene nahmen an dieser Untersuchung teil. Sie befaßte sich mit dem physikalischen Wissen, u.a. zu den Bereichen Elektrizität und Energie. Für den Zusammenhang, um den es im vorliegenden Beitrag geht, seien die folgenden Ergebnisse hervorgehoben. So war das theoretische Wissen über Energie, über das die Befragten verfügten, signifikant vom Umfang des Physikunterrichts abhängig: je mehr Physikunterricht eine Person hatte, desto mehr wußte sie im Mittel später über Energie. Aber es gab keinen Zusammenhang zwischen dem Umfang des Unterrichts über Energie und dem späteren Wissen über Energie. Kurz gesagt, großes Wissen über ein bestimmtes Thema, zum Beispiel Energie, resultiert nicht notwendig aus viel Unterricht über dieses Thema. Physikunterricht scheint eine allgemeinere Wirkung auf das spätere Wissen zu haben. Dies läßt sich als Argument für das Prinzip des exemplarischen Lernens bzw. wider die Stofffülle ins Feld führen. Viel wichtiger als die Vermittlung eines breiten Stoffangebots erscheint es nach der hier herangezogenen Studie zu sein, daß die Schülerinnen und Schüler eine positive Einstellung zur Physik und das Vertrauen erwerben, Physik verstehen zu können. Dann nämlich, so scheint es, erwerben sie auch die Bereitschaft, Informationen über Physik in den Massenmedien zu beachten und zu verarbeiten.

Wissen und Handeln

"Es ist wohl ein unausgesprochener Glaubenssatz eines jeden Pädagogen, daß erworbenes Wissen, solides und durchdachtes Wissen – sei es im Leben oder in der Schule erworben – nicht nur zum richtigen Handeln befähigt, sondern dazu auch motiviert. Wozu unterrichten wir denn unsere Kinder und Jugendlichen, wenn sie dadurch nicht in die Lage versetzt werden, Probleme ihres eigenen Lebens, gesellschaftliche und globale Probleme zu bewältigen und vielleicht besser zu bewältigen als wir es tun? Probleme können nun mal nur durch aktives Handeln gelöst werden. Trotz der scheinbaren Eindeutigkeit dieses Glaubenssatzes ist das Verhältnis von Wissen und Handeln schillernd." (Rost, 1992, 141).

In der Tat wird in manchen der weiter oben vorgestellten allgemeinen Ziele unterstellt, daß naturwissenschaftliches Wissen zum Handeln führt, zum Beispiel Wissen um naturwissenschaftliche und andere Aspekte des Umweltschutzes zu umweltgerechtem Verhalten. Aber im Grunde ist es eine alltägliche Erfahrung, daß Wissen nicht notwendig zum richtigen Handeln führen muß. Alle Raucher zum Beispiel wissen sehr wohl, wie gefährlich ihre Sucht ist. Wider besseres Wissen zu handeln, ist aber nicht allein Sache von Rauchern, sondern Erfahrung eines jeden, der ehrlich mit sich ist.

Es gibt eine Reihe von Untersuchungen zum Zusammenhang von Wissen und Handeln im Bereich des umweltgerechten Handelns. Hines, Hungerford und Tomera (1987) haben sechzehn diesbezügliche Studien dahingehend zusammengefaßt, daß es nur recht kleine Zusammenhänge (kleine Korrelatio-

nen) zwischen Umweltwissen und tatsächlichem Umweltverhalten gibt. Eine Studie, die am IPN durchgeführt worden ist (Langeheine & Lehmann, 1986) kommt zum gleichen Ergebnis. Hier gab es kaum Zusammenhänge zwischen Umweltwissen und umweltgerechtem Verhalten, wie zum Beispiel Energiesparen im täglichen Leben, oder Sammeln und Trennen von Müll, um wertvolle Stoffe und Energie zu sparen. Umweltgerechtes Verhalten wurde vielmehr von einer Variablen stark bestimmt, die man als "Erfahrungen mit der Pflege von Lebewesen in der Kindheit und Jugend" (ev. angeleitet von den Eltern) bezeichnen könnte. In anderen Worten, wer sich in der Kindheit und Jugend um ein Lebewesen gekümmert hat, verhält sich mit größerer Wahrscheinlichkeit umweltgerecht als jemand, dem diese Erfahrungen fehlen. Umweltwissen dagegen allein führt nicht zu einer deutlich erhöhten Bereitschaft, sich auch umweltgerecht zu verhalten.

Die psychologische Forschung, die sich bemüht, den Zusammenhang zwischen Wissen und Handeln aufzuklären, bietet zur Zeit noch erstaunlich wenig konsistente Deutungen an (Rost, 1992), die für den naturwissenschaftlichen Unterricht genutzt werden können. Sie gibt allerdings den wichtigen Hinweis, daß das Handeln, das von den Zielen aus gesehen erwartet wird, im Unterricht auch geübt werden muß. Mit anderen Worten, zählt Handeln (z.B. im Bereich des Umweltschutzes) zu den Zielen des Unterrichts, darf der Unterricht sich nicht auf das für das Handeln relevante Wissen beschränken, sondern muß Handeln möglichst authentisch einüben.

Zusammenfassung

Naturwissenschaftliches Wissen und Denken beeinflusst unser heutiges Leben tiefgreifend, insbesondere durch eine Technik, die auf diesen Erkenntnissen basiert. War bisher die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in der Technik vor allem eine Domäne der Physik und Chemie und war demzufolge auch Technikfeindlichkeit bzw. eine gewisse Distanz zur Technik vor allem mit Anwendungen dieser Fächer verbunden (man denke an die vehementen Diskussionen um Kernkraftwerke und Umweltverschmutzungen durch die chemische Industrie), so hat inzwischen die Biologie ebenfalls ihre Unschuld verloren. Gentechnik und Genmanipulation sind auf dem Wege zu Schlüsseltechniken der modernen Welt. Orientierung in der heutigen Welt wie in der zukünftigen noch stärker von Technik dominierten Welt ist ohne eine gewissen Grundeinsicht in naturwissenschaftliches Wissen und Denken nicht möglich. Zu den zentralen Schlüsselproblemen der Zukunft gehören solche, die auf Erkenntnisse und Einsichten angewiesen sind, die nur im naturwissenschaftlichen Unterricht vermittelt werden können.

Der naturwissenschaftliche Unterricht ist heute indes nur im eingeschränktem Maße in der Lage, solche Einsichten und Erkenntnisse tatsächlich zu vermitteln. Es ist aus einer großen Anzahl von Untersuchungen bekannt, daß Schülerinnen und Schüler die im Unterricht vermittelten Inhalte nicht oder nur eingeschränkt verstehen und folglich nicht oder nur eingeschränkt erlernen. Der naturwissenschaftliche Unterricht, so ist zu konstatieren, erreicht die in Präambeln von Lehrplänen niedergelegten Ziele und wohl auch die bescheideneren Ziele, die erfahrene Lehrerinnen und Lehrer mit ihrem Unterricht verbinden, in aller Regel nicht oder doch nur in geringerem Ausmaß. Das im Unterricht vermittelte Wissen erweist sich

weiterhin in aller Regel nur in eingeschränktem Maße als geeignet, gesellschaftliches bzw. umweltgerechtes Handeln anzuregen. Der Physik- und Chemieunterricht, wie er gegeben wird, trifft überdies nur auf sehr eingeschränktes Interesse. Insbesondere viele Mädchen wenden sich vom Physik- und Chemieunterricht ab. Nach wie vor sind Frauen in Berufen, die mit Physik, Chemie und Technik zu tun haben, weit, unterrepräsentiert.

Ein wichtiger Grund für die skizzierten Schwierigkeiten scheint darin zu liegen, daß der naturwissenschaftliche Unterricht sich erstens auf das betreffende Bezugsfach, also die Biologie, die Chemie und die Physik, zu starr konzentriert und zweitens relative unflexible Schemata der Vermittlung von Biologie, Chemie und Physik heranzieht. Die Bedeutung der Naturwissenschaften für die heutige und zukünftige Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler wird den Betroffenen nicht klar. Die dominierenden Lehrmethoden erlauben eigenständiges Lernen nur in sehr eingeschränktem Maße. Das vom Lehrer (oder Lehrbuch) angebotene naturwissenschaftliche Wissen wird von den Schülerinnen und Schülern nicht als etwas empfunden, das sie betrifft. Kurz, die Schülerinnen und Schüler werden im Unterricht nicht im ausreichenden Maße als eigenständige Persönlichkeiten mit ihren jeweiligen Sichtweisen, Interessen, Neigungen und Einstellungen ernst genommen.

Es gibt eine Reihe von Bemühungen, den naturwissenschaftlichen Unterricht so zu verändern, damit er seinen in den Präambeln verkündeten hohen Zielen besser gerecht werden kann. Dabei handelt es sich um Initiativen auf verschiedenen Ebenen, von der Initiative einzelner Lehrerinnen und Lehrer bis zur Verhandlung über solche Reformen im Rahmen der Bildungspolitik. Diese Bemühungen lassen sich bei aller Unterschiedlichkeit der jeweiligen Standpunkte so charakterisieren, daß es darum gehen muß, einerseits die *starre Konzentration auf die jeweiligen naturwissenschaftlichen Inhalte zu überwinden* und andererseits *Methoden selbstbestimmten Lernens eine bessere Chance zu geben*.

Die folgenden Gesichtspunkte können als Rahmen für die Planung des naturwissenschaftlichen Unterrichts dienen. Nicht jeder Gesichtspunkt muß notwendig in jeder Unterrichtsstunde zum Tragen kommen, aber *jede* Unterrichtseinheit sollte Beiträge zu allen Gesichtspunkten enthalten. In der langfristigen Planung sollten die Gesichtspunkte gleichgewichtig zum Tragen kommen. Selbstverständlich sind diese Gesichtspunkte wieder relativ "hoch" angesiedelt, d.h. es handelt sich gewissermaßen um "Feiertagserklärungen". Aber in den vorangegangenen Abschnitten ist auf Literatur verwiesen worden, aus der sich viel Konkretes entnehmen läßt, wie diese Gesichtspunkte in die Realität des Unterrichts umgesetzt werden können.

Interesse

- an Interessen anknüpfen
- Interessen wecken und fördern
- insbesondere an Interessen von Mädchen anknüpfen, ihr Interesse wecken und fördern

Verstehen

- an Alltagsvorstellungen anknüpfen

- bei der Planung der Lernwege sich an den Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler und nicht vorwiegend an fachlichen Aspekten orientieren
- dem Verstehen den Vorzug vor dem Wiedergeben von Definitionen und Formeln geben

Über das Fachliche hinaus

- Verbindungen des behandelten Inhalts mit anderen Inhalten herstellen; die Bedeutung dieses Inhalts im Rahmen der anderen im Unterricht vermittelten Inhalte herausstellen – innerfachliche Integration anstreben
- Verbindungen zu Inhalten anderer Fächer, die mit dem behandelten Inhalt zu tun haben, herstellen – überfachliche Integration anstreben
- Verbindungen zur Technik herstellen
- Bedeutung eines Inhalts für die Technik, einschließlich kritischer Sicht der betreffenden Technik
- Bedeutung eines Inhalts für das Verstehen von Umweltproblemen
- Bedeutung eines Inhalts im gesellschaftlichen Raum
- Bedeutung eines Inhalts für die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler

Über das Inhaltliche hinaus

- Lernen von Naturwissenschaften durch Lernen über Naturwissenschaften ergänzen
- ein angemessenes "Bild" von den Naturwissenschaften entwickeln

Selbständiges Lernen

- neue Organisationsformen des Unterrichts z.B. Projektunterricht und offener Unterricht anregen
- Möglichkeiten, selbständigen Lernens in eher traditionellen Organisationsformen wie im Gruppenunterricht fördern

Lernen und Verstehen fördernde Unterrichtsbewertung

- Unterrichtsbewertung weniger als Instrument einer abschließenden Einordnung sondern eher als Hilfe für die Förderung des Lernens und Verstehens sehen

Literatur

- Bell, B. (1981). When an animal is not an animal. *Journal of Biological Education* 15, 213-218.
- Bleichroth, W., Dahncke, H., Jung, W., Kuhn, W., Merzyn, G. & Weltner, K. (1991). *Fachdidaktik der Physik*. Köln: Aulis.
- Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (1983). *Empfehlungen zur Gestaltung von Physiklehrplänen*. MNU 36, Heft 2.
- Driver, R. & Scott, P. (1994). Schülerinnen und Schüler auf dem Weg zum Teilchenmodell. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 42, Mai 1994, 24-31.
- Duit, R. (1992). Atomistische Vorstellungen bei Schülern. In H. Fischler (Hrsg.), *Quantenphysik in der Schule*. Kiel: IPN, 201-214.
- Duit, R. (1993a). Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 41, 4-10.
- Duit, R. (1993b). Research on students' conceptions -- developments and trends. In J. Novak (Ed.), *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca: Cornell University (Zugang per Computerdiskette oder Internet), (abgedruckt auch in Pfundt & Duit, 1994, a.a.O.)
- Duit, R. (1995). Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie. *PLUS LUCIS*, Heft 2, 11-18.

- Duit, R. (1996). Ansätze zum Konzeptwechsel. In R. Duit & Ch. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften*. Kiel: IPN, 143-160.
- Duit, R., Häußler, P. & Kircher, R. (1981). *Unterricht Physik*. Köln: Aulis.
- Duit, R., Häußler, P., Lauterbach, R., Mikelskis, H. & Westphal, W. (1991). Das Schulbuch: Lehrbuch oder Lernbuch? In K.H. Wiebel (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Vorträge der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Weingarten, September 1990. Alsbach: Leuchtturm, 102-110.
- Duit, R., Häußler, P., Lauterbach, M., Mikelskis, H. & Westphal (1993). *Physik – Um die Welt zu begreifen*. Ausgabe Physik/Chemie Orientierungsstufe Niedersachsen, Bühl, Frankfurt/M.: Konkordia, Diesterweg, 1993. Ausgabe Physik 5/6 Nordrhein-Westfalen, Bühl, Frankfurt/M.: Konkordia, Diesterweg, 1993 (Ausgaben Physik 7/8 und 9/10, 1995, 1996).
- Eigenmann, J. & Strittmatter, A. (1972). Ein Zielebenenmodell zur Curriculumkonstruktion (ZEM). In K. Aregger & J. Isenegger (Hrsg.), *Curriculumprozeß*. Basel: Beltz.
- Empfehlungen zur Entwicklung von Lehrplänen für den Physikunterricht der Sekundarstufe I. Beschlossen in Bad Hersfeld. (1976). Kiel: IPN.
- Faißt, W., Häußler, P., Hergeröder, C., Keunecke, K.-H., Kloock, H., Milanowski, I. & Schöffler-Wallmann, M. (1994). *Physik-Anfangsunterricht für Mädchen und Jungen*. IPN-Materialien. Kiel: IPN.
- Fensham, P.J. (1975). Long term effects of science education at school. *Research in Science Education*, 11-20.
- Häußler, P. (1987a). Measuring students' interest in physics – design and results of a cross-sectional study in the Federal Republic of Germany, *International Journal of Science Education* 9, 79-92.
- Häußler, P. (1987b). Langzeitwirkungen von Physikunterricht. *physica didactica* 14, Heft 4, 5-18.
- Häußler, P. (1992). Physikalische Bildung als Menschenbildung: Wunsch und Wirklichkeit. In P. Häußler (Hrsg.), *Physik und Menschenbildung*. IPN Schriftenreihe 130. Kiel: IPN, 105-140.
- Häußler, P. & Lauterbach, R. (1976). Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts. Zur Begründung inhaltlicher Entscheidungen. Weinheim: Beltz.
- Häußler, P., Frey, K., Hoffmann, L., Rost, J. & Spada, H. (1983). Physikalische Bildung für heute und morgen – Ergebnisse einer curricularen Delphi-Studie. Beilage zu *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie* 12.
- Häußler, P., Hoffmann, L. & Rost, J. (in Zusammenarbeit mit Lauterbach, R.) (1986). Zum Stand der physikalischen Bildung Erwachsener – Eine Erhebung unter Berücksichtigung des Zusammenhangs mit dem Bildungsgang. IPN Schriftenreihe. Kiel: IPN.
- Häußler, P. & Hoffmann, L. (1990). Wie Physikunterricht auch für Mädchen interessant werden kann. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 38, Themenheft "Mädchen im Physikunterricht", März 1990, 12-18.
- Häußler, P. & Hoffmann, L. (1995). Physikunterricht – an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. *Unterrichtswissenschaften* 23, Heft 2, 107-126.
- Heimann, P., Otto, G. & Schulz, W. (1969). *Unterricht, Analyse und Planung*. Hannover: Schroedel.
- Hines, J.M., Hungerford, H.R. & Tomera, A.N. (1987). Analysis and synthesis of research on responsible environmental behavior: a meta-analysis. *The Journal of Environmental Education* 18, 1-8.
- Hoffmann, L., Häußler, P., Bündler, W., Nentwig, P. & Haft-Peters, S. (1995). Chancengleichheit für Mädchen und Jungen im Physik- und Chemieanfangsunterricht – Konzeption und Ergebnisse eines BLK-Modellversuchs. Kiel: IPN.
- Hoffman, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (in Vorbereitung). Die IPN – Interessenstudie Physik. Planung, Durchführung und erste Ergebnisse. Kiel: IPN.
- Hyman, H.H., Wright, Ch.R. & Reed, J.S. (1975). *The enduring effects of education*. Chicago, London: The University of Chicago Press.
- Jung, W. (1993). Hilft die Entwicklungspsychologie dem Naturwissenschaftsdidaktiker. In R. Duit & W. Gräber (Hrsg.), *Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften*. Kiel: IPN.
- Jung, W. (1995). Hat der Physikunterricht eine Zukunft? Überlegungen zum Verhältnis von Physik und Technik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 1, 5-14.
- Klafki, W. (1969). Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In H. Roth & A. Blumental (Hrsg.), *Auswahl. Didaktische Analyse*. Hannover: Schroedel.
- Klafki, W. (1991, Juni). Zur Behandlung von Schlüsselproblemen unserer Gesellschaft und zur Verantwortung des Lehrers. Referat auf der Tagung des Hessischen Instituts für Lehrerfortbildung in Weilburg zum Thema: Die gesellschaftliche Verantwortung des Naturwissenschaftlers.
- Krapp, A. (1996). Psychologische Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens: Untersuchungsansätze und Befunde zur Motivation und zum Interesse. In R. Duit & Ch. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften*. Kiel: IPN, 37-68.
- Labudde, P. (1993). *Erlebniswelt Physik*. Bonn: Dümmler.
- Langeheine, R. & Lehmann, J. (1986). *Die Bedeutung der Erziehung für das Umweltbewußtsein*. Kiel: IPN.
- Lehrplanrevision in Schleswig – Holstein. Die Ministerin für Bildung, Wissenschaften, Kultur und Sport des Landes Schleswig-Holstein. (1992). Kiel.
- Lind, G. (1996). Der Physikunterricht an den deutschen Gymnasien vom Beginn des 18. bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts. *Arbeitspapier des Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel*.
- Löwe, B. (1992) *Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie*. Schriftenreihe der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Band 9. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Mayer, J. (1992). *Formenvielfalt im Biologieunterricht*. IPN Schriftenreihe 132. Kiel: IPN.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1994). *Bibliographie Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht*. Kiel: IPN.
- Roberts, W. & Sutton, C.R. (1984). Adults' recollections from school chemistry – facts, principles and meaning. *Education in Chemistry*, May 1984, 82-85.
- Rost, J. (1992). Das Verhältnis von Wissen und Handeln aus kognitionstheoretischer Sicht. In P. Häußler (Hrsg.), *Physik und Menschenbildung*. IPN Schriftenreihe 130. Kiel: IPN, 141-154.
- Wandersee, J.H., Good, R. & Demastes, S. (1995). Forschung zum Unterricht über Evolution: Eine Bestandsaufnahme. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 1, 43-54.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J. & Novak, J.D. (1993). Research on alternative conceptions in science and mathematics. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan Publ.
- Wagenschein, M. (1965). *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken*. Stuttgart: Klett.
- Westphal, W. (1992). *Kriegsgegnerischer Physikunterricht – ein fachspezifischer Beitrag zur Friedenserziehung in Schule und Hochschule*. P. Häußler (Hrsg.), *Physik und Menschenbildung*. IPN Schriftenreihe 130. Kiel: IPN, 54-74.
- Weltner, K. (1979). Wahlverhalten der Oberstufenschüler in den naturwissenschaftlichen Fächern. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie* 27, 102-104.