

Initiativen zur Verbesserung des Physikunterrichts – Reaktionen auf das mittelmäßige Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler in internationalen Vergleichsstudien

Reinders Duit

IPN – Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Ohlshausenstraße 62, 24098 Kiel

Kurzfassung

Deutschland hat in internationalen Vergleichsstudien zum naturwissenschaftlichen Unterricht nicht gut abgeschnitten. In TIMSS (Third International Science and Mathematics Studies) erreichten die deutschen Schülerinnen und Schüler Mitte der 90er Jahre, wie allgemein bekannt, nur einen mittleren Leistungsstand. Probleme gab es vor allem bei anspruchsvollen Anwendungen des erworbenen Wissens. Als Reaktion auf diese enttäuschenden Ergebnisse hat es eine Reihe von Initiativen zur Verbesserung der Situation gegeben. Die BLK fördert seit dem Jahre 1998 einen großen Modellversuch „Steigerung der Effizienz des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts“, an dem 180 Schulen beteiligt sind. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert im Rahmen eines Schwerpunktprogramms „Die Bildungsqualität von Schule: Fachliches und fächerübergreifendes Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in Abhängigkeit von schulischen und außerschulischen Kontexten“ insgesamt 23 Projekte, die Defizite der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung untersuchen. Es gibt darüber hinaus viele weitere Initiativen, z.B. von der DPG und der Wirtschaft, die Zusammenarbeit zwischen Schule, Universität und Wirtschaft zu unterstützen. Die Ergebnisse von PISA (Programme for International Student Assessment) haben gezeigt, wie wichtig diese Initiativen sind. Es wird ein kurzer Überblick über die Ergebnisse von TIMSS und PISA gegeben und es wird diskutiert, welche Folgerungen daraus für den Physikunterricht gezogen werden sollten.

TIMSS und PISA

TIMSS hat gezeigt, dass deutsche Schülerinnen und Schüler im mathematischen und naturwissenschaftlichen Wissensbereich im internationalen Vergleich nur Mittelmaß sind ([1], [2]). Es sind damit Befunde der fachdidaktischen Forschung bestätigt worden, dass dieser Unterricht wenig effizient ist und es nur unzureichend gelingt, das Interesse der Schülerinnen und Schüler an diesen Fächern zu wecken und zu erhalten. Die Ergebnisse von TIMSS sind in einer breiten Öffentlichkeit diskutiert worden; der „TIMSS Schock“ hat zu einer Reihe von Initiativen geführt, den Unterricht so zu verbessern, dass einerseits eine mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung erreicht wird, die es erlaubt, den Anforderungen der Zukunft gerecht zu werden. Andererseits sollen Schülerinnen und Schüler für die hier in Rede stehenden Fächer interessiert werden, damit dem zur Zeit offensichtlich gewordenen Nachwuchsmangel im mathematischen, naturwissenschaftlichen und technischen Bereich begegnet werden kann.

Die Ergebnisse der von der OECD durchgeführten PISA Studie, die im Dezember 2001 bekannt geworden sind ([3],[4]); <http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/pisa/index.html>) haben die Ergebnisse von TIMSS bestätigt.¹ In PISA schneidet

Deutschland im mathematischen und im naturwissenschaftlichen Bereich im internationalen Vergleich sogar noch ein wenig schlechter ab. Lagen die Leistungen deutscher Schülerinnen und Schüler bei TIMSS nahe beim internationalen Mittelwert, sind sie nun im unteren Drittel zu finden.

TIMSS und PISA im Vergleich

| TIMSS (1995) | PISA (2000) |
|--|--|
| Primarstufe Klassenstufe 7/8 Ende Sekundarstufe II | 15-Jährige |
| 41 Länder (in 7/8) | 32 Länder; vor allem Mitglieder der OECD |
| Mathematik und Naturwissenschaften | Zusätzlich: Lesekompetenz |
| Bestandsaufnahme: - Schulsystem, Lehrpläne, Schulbücher - Leistungstest mit dem Anspruch in allen beteiligten Ländern die wichtigsten Inhalte zu erfassen. | Entwickelt Konzepte wünschenswerter Lesekompetenz und mathematischer wie naturwissenschaftlicher Grundbildung als Referenz der Tests, d.h. ermittelt den Stand der beteiligten Länder hinsichtlich dieser Kompetenzen. |

Abb. 1: TIMSS und PISA im Vergleich

¹ Es wird hier nur über die Ergebnisse der „internationalen“ deutschen Stichprobe berichtet. In Deutschland ist auch eine zusätzliche Stichprobe von rund 50000 Schülern befragt worden, um verlässliche Daten für den Vergleich der Bundesländer hinsichtlich der untersuchten Kompe-

tenzen zu gewährleisten. Diese Ergebnisse werden Ende Juni 2002 bekannt gemacht.

Es ist aufschlussreich, die Kennzeichen der beiden Studien miteinander zu vergleichen (s. Abb. 1). Während TIMSS die Leistungen auf drei Niveaus, nämlich in der Primarstufe (Deutschland hat an dieser Studie nicht teilgenommen), in der Klassenstufe 7/8 und am Ende der Sekundarstufe II erhoben hat, untersucht PISA die Leistungen für 15-Jährige (unabhängig davon, welche Klassenstufen sie besuchen). Ein weiterer wichtiger Unterschied betrifft die Lesekompetenz, die bei PISA hinzu gekommen ist. In der ersten Runde von PISA ist sie Schwerpunkt. In den beiden folgenden PISA Runden werden die Mathematik (2003) und die Naturwissenschaften (2006) Schwerpunkt sein.

Das schlechte Abschneiden der deutschen Schülerinnen und Schüler bei der Lesekompetenz hat zweifellos das überaus große Interesse an den Ergebnissen der PISA Studie ausgelöst. Es wurde klar, dass das deutsche Schulsystem an einer entscheidenden Stelle Defizite hat, nämlich bei der Fähigkeit unserer Schüler Texte und graphische Darstellungen aller Art zu verstehen (zum Konzept der Lesekompetenz bei PISA s. weiter unten). Ein sehr wichtiger Unterschied zwischen TIMSS und PISA betrifft schließlich den in der letzten Zeile von Abb. 1 genannten Aspekt. TIMSS hat sich bemüht, eine Bestandsaufnahme des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in den beteiligten Ländern vorzulegen. Die Leistungstest sind so konstruiert worden, dass in allen beteiligten Ländern die wichtigsten Inhalte erfasst wurden. Die Tests wurden in allen Ländern auf ihre so genannte curriculare Validität geprüft, d.h. es wurde untersucht, ob die meisten Items Inhalte abfragen, die tatsächlich im Unterricht behandelt wurden. Zusätzlich wurden vielfältige Informationen zum Schulsystem, zu den Lehrbüchern und zu den Lehrplänen in den beteiligten Ländern erhoben. PISA geht von einem ausgearbeiteten Konzept der Lesekompetenz sowie der mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundbildung aus und überprüft den Stand der mit diesen Konzepten verbundenen Kompetenzen in den beteiligten Ländern.

Lesekompetenz, Mathematische und Naturwissenschaftliche Grundbildung bei PISA

Lesekompetenz im Sinne von PISA (Abb. 2) darf nicht schlicht als Fähigkeit Lesen zu können interpretiert werden. Es geht vielmehr um das Verstehen und Interpretieren von so genannten kontinuierlichen Texten (also Texten im herkömmlichen Sinne) und von diskontinuierlichen Texten (Graphen, Tabellen und dergleichen). Dabei liegt der Schwerpunkt, wie auch bei der mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundbildung, auf der Anwendung von erworbenen Kompetenzen in außerschulischen Situationen. Das gilt auch für die fächerübergreifenden Kompetenzen, die bei PISA im Mittelpunkt stehen. Bei den naturwissenschaftlichen Prozessen (Abb. 3) wird das „Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte zeigen“ bewusst an den Schluss gestellt. Das bedeutet nicht, dass diesem Verständnis keine wich-

tige Rolle zugestanden wird. Rund 60% der Aufgaben von PISA im Bereich der Naturwissenschaften beziehen sich auf diesen Aspekt. Schließlich können die in Abb. 3 genannten Prozesse nur an bestimmten Inhalten eingeübt werden. Es geht bei ihnen vor allem um die Fähigkeit, vorliegende Befunde zu beurteilen, aus Experimenten und Ergebnissen begründete Schlussfolgerungen zu ziehen und deren Gültigkeitsbedingungen und -grenzen zu beurteilen. Dies wiederum soll in Situationen möglich sein, die im Alltag eine Rolle spielen. Da diese Prozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I bisher keine große Rolle spielen, könnte das gegenüber TIMSS noch schlechtere Abschneiden der deutschen Schülerinnen und Schüler in PISA auch damit zu tun haben, dass diese Prozesse im deutschen naturwissenschaftlichen Unterricht nicht nachdrücklich eingeübt werden.

| |
|---|
| Lesekompetenz Geschriebene Texte zu verstehen, zu nutzen und über sie zu reflektieren, um eigene Ziele zu erreichen, das eigene Wissen und Potenzial zu entwickeln und am gesellschaftlichen Leben teilzunehmen. |
| Mathematische Grundbildung Die Rolle zu erkennen und zu verstehen, die die Mathematik in der Welt spielt, fundierte mathematische Urteile abzugeben und sich auf eine Weise mit der Mathematik zu befassen, die den Anforderungen des gegenwärtigen und zukünftigen Lebens einer Person als konstruktivem, engagierten und reflektierendem Bürger entspricht. |
| Naturwissenschaftliche Grundbildung Naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen. |
| Fächerübergreifende Kompetenzen - Selbstreguliertes Lernen - Allgemeine Problemlösefähigkeiten - Kommunikation und Kooperation |
| <i>Abb. 2: PISA Kompetenzen</i> |

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ◆ Fragestellungen erkennen, die naturwissenschaftlich untersucht werden können ◆ Belege / Nachweise identifizieren, die in einer naturwissenschaftlichen Untersuchung benötigt werden ◆ Schlussfolgerungen ziehen oder bewerten ◆ Gültige Schlussfolgerungen kommunizieren ◆ Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte zeigen |
| <i>Abb. 3: Naturwissenschaftliche Prozesse von PISA</i> |

PISA Aufgaben

Für die PISA Tests ist ein besonderes Aufgabenformat entwickelt worden. Es werden keine kurzen

Aufgaben gestellt, die unabhängig voneinander sind, wie es bei TIMSS der Fall war. Vielmehr wird zu einer Situation (häufig eine Alltagssituation; in einigen Fällen ein „authentischer“ Text, zum Beispiel aus einer Zeitung) eine Serie von Fragen gestellt. Der Einleitungstext der Aufgaben ist in der Regel recht lang, verlangt also viel „Lesearbeit“. Dort werden meistens die Informationen gegeben, die zur Lösung der Aufgabe nötig sind. Es gilt dann, diese Informationen aufzuspüren und anzuwenden. Beispiele für PISA Aufgaben aus einer Vorerprobung und einige frei gegebene Aufgaben können auf der nationalen wie internationalen PISA Homepage

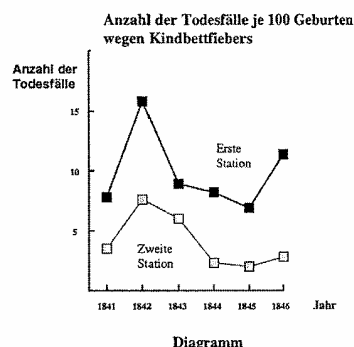
eingesehen werden (Zugang z.B. über die Homepage des IPN: www.ipn.uni-kiel.de). Bei der folgenden Aufgabe aus dem PISA Test ist es zur Lösung der Aufgabe notwendig, die im Text gegebenen Informationen zu verstehen und das Diagramm richtig zu „lesen“. Die Aufgabe prüft vor allem die oben genannten (Abb. 3) PISA Prozesse. Die Aufgabe stammt aus dem Bereich der Biologie. Eine im PISA Test verwendete Aufgabe mit physikalischem Hintergrund ist nicht freigegeben worden. Unter den Aufgaben aus der Vorerprobung finden sich allerdings auch solche Beispiele (s. auch [5], [6]).

Semmelweis' Tagebuch

Text 1

„Juli 1846. Nächste Woche trete ich meine Stelle als ‚Herr Doktor‘ auf der ersten Station der Entbindungsklinik im Allgemeinen Krankenhaus von Wien an. Ich war entsetzt, als ich vom Prozentsatz der Patienten hörte, die in dieser Klinik sterben. In diesem Monat starben dort sage und schreibe 36 von 208 Müttern, alle an Kindbettfieber. Ein Kind zur Welt zu bringen ist genauso gefährlich wie eine Lungenentzündung ersten Grades.“

Diese Zeilen aus dem Tagebuch von Ignaz Semmelweis (1818–1865) illustrieren die verheerenden Auswirkungen des Kindbettfiebers, einer ansteckenden Krankheit, an der viele Frauen nach der Geburt eines Kindes starben. Semmelweis sammelte Daten über die Anzahl der Todesfälle auf Grund von Kindbettfieber in der ersten und zweiten Station des Krankenhauses (siehe Diagramm).



Die Ärzte, darunter auch Semmelweis, tappten in Bezug auf die Ursache des Kindbettfiebers völlig im Dunkeln. Semmelweis schrieb in sein Tagebuch:

„Dezember 1846. Warum sterben so viele Frauen nach einer völlig problemlosen Geburt an diesem Fieber? Seit Jahrhunderten lehrte uns die Wissenschaft, es handle sich um eine unsichtbare Epidemie, die Mütter tötet. Als mögliche Ursachen gelten Veränderungen in der Luft, irgendwelche außerirdischen Einflüsse oder eine Bewegung der Erde selbst, ein Erdbeben.“

Heutzutage würde kaum jemand außerirdische Einflüsse oder ein Erdbeben als mögliche Ursachen für Fieber in Erwägung ziehen. Zu Lebzeiten von Semmelweis taten dies allerdings viele, auch Wissenschaftler! Wir wissen heute, dass es etwas mit hygienischen Bedingungen zu tun hat. Semmelweis wusste jedoch, dass außerirdische Einflüsse oder ein Erdbeben als Ursache für Fieber eher unwahrscheinlich waren. Er machte auf die Daten, die er gesammelt hatte, aufmerksam (siehe Diagramm) und versuchte damit seine Kollegen zu überzeugen.

Aufgabe: Nimm an, du wärst Semmelweis. Nenne einen Grund dafür (ausgehend von den Daten, die Semmelweis gesammelt hat), dass Erdbeben als Ursache für Kindbettfieber unwahrscheinlich sind.

Text 2

Zur Forschung in den Krankenhäusern gehörte das Sezieren. Der Körper einer verstorbenen Person wurde aufgeschnitten, um eine Todesursache zu finden. Semmelweis schrieb, dass auf der Ersten Station tätige Studenten üblicherweise am Sezieren von Frauen teilnahmen, die am Vortag gestorben waren. Direkt anschließend untersuchten sie Frauen, die gerade ein Kind geboren hatten. Sie achteten nicht besonders darauf, sich nach dem Sezieren zu waschen. Manche waren sogar stolz darauf, dass man roch, dass sie vorher in der Leichenhalle gearbeitet hatten, weil man daran ihren Fleiß erkennen konnte!

Ein Freund von Semmelweis starb, nachdem er sich beim Sezieren geschnitten hatte. Beim Sezieren seines Leichnams zeigte sich, dass er dieselben Symptome aufwies wie Mütter, die an Kindbettfieber gestorben waren. Dadurch bekam Semmelweis eine neue Idee.

Aufgabe: Semmelweis' neue Idee hängt mit dem hohen Prozentsatz verstorbener Frauen auf den Entbindungsstationen und dem Verhalten der Studenten zusammen.

Was war seine Idee?

- A Wenn man die Studenten veranlasst, sich nach dem Sezieren zu waschen, sollten weniger Fälle von Kindbettfieber auftreten.
- B Die Studenten sollten nicht beim Sezieren mitwirken, weil sie sich schneiden könnten.
- C Die Studenten riechen übel, weil sie sich nach dem Sezieren nicht waschen.
- D Die Studenten wollen ihren Fleiß unter Beweis stellen und sind deshalb beim Untersuchen der Frauen unachtsam.

Zu den Ursachen der durch TIMSS und PISA offenbar gewordenen Probleme

Die Ergebnisse der TIMSS-Tests haben gezeigt, dass deutsche Schülerinnen und Schüler in den Abschlussklassen der Sekundarstufe II gerade den internationalen Mittelwert erreichen. Stärken gibt es nur beim Faktenwissen, anspruchsvolle Anwendungen bereiten in aller Regel große Schwierigkeiten ([1], [2]). PISA hat diese Ergebnisse im wesentlichen bestätigt. Hinzu kommen aber wichtige Hinweise auf zentrale Ursachen für diese Probleme. Die Ergebnisse zur Lesekompetenz zeigen, dass es deutschen Schülerinnen und Schülern an der Fähigkeit mangelt, in den in der Aufgabenstellung vorgegebenen Texten, Tabellen und graphischen Darstellungen die zur Lösung nötigen Informationen zu identifizieren und anzuwenden. PISA weist also nachdrücklich auf die zentrale Bedeutung der Lesekompetenz für alle Fächer, also auch für den Physikunterricht, hin. PISA deckt ein anderes Defizit auf, nämlich eine mangelnde Fähigkeit die oben (Abb. 3) aufgeführten Prozesse, die zur naturwissenschaftlichen Grundbildung gehören, anzuwenden. PISA hat schließlich einen weiteren Aspekt scharf ausgeleuchtet. Die Streuung der Ergebnisse ist in Deutschland im internationalen Vergleich sehr groß. Besonders bedenklich ist dabei das Abschneiden der Hauptschule. Hier gibt es einen erheblichen Anteil, der ein Minimum an Lesekompetenz sowie von mathematischer und naturwissenschaftlicher Grundbildung nicht erreicht. Das weist auf die Notwendigkeit hin, der Verbesserung des Unterrichts, auch des Physikunterrichts, in der Hauptschule besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Das bedeutet allerdings nicht, dass dabei die anderen Schularten eine Verbesserung nicht nötig hätten. Schließlich erreichen auch unsere Gymnasialisten nicht den Mittelwert der international führenden Nationen.

Die Ursachen für das schlechte Abschneiden deutscher Schüler in TIMSS und PISA sind vielfältig. Schließlich werden Schulleistungen durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt. Wichtige Einflüsse gehen von den Eltern, dem gesellschaftlichen Umfeld (einschließlich der Medien), den Jugendkulturen und den Mitschülern (so genannte peer groups) aus. Ein entscheidender Punkt sind hier Leistungs- und Lernbereitschaft sowie die Wertschätzung der Naturwissenschaften. Selbstverständlich sind auch die Schulen für das schlechte Abschneiden mit verantwortlich. Die Struktur des Bildungswesens, die vermittelten Inhalte und die Art der Vermittlung der Inhalte müssen dringend reformiert werden. Die Kultusministerkonferenz legt in einer Empfehlung, die als Reaktion auf die Ergebnisse der PISA Studie entstanden ist, den Schwerpunkt auf Veränderungen im Schulsystem (wie Ganztagschulen). Es wird dort auch betont, dass der naturwissenschaftliche Unterricht zu stärken sei [7]. In der laufenden Diskussion um die Stärkung des naturwissenschaftlichen Unterrichts wird auch ins Feld geführt, dass ein Fach Naturwis-

schaften einzurichten sei, wie es in vielen anderen Ländern, die an der PISA Studie teilgenommen haben, üblich ist. Es wird argumentiert, dass ein Hauptfach Naturwissenschaften eine stärkere Rolle innerhalb der Schulfächer spielen könne als drei kleine Nebenfächer ([8], [9]).

Im folgenden soll untersucht werden, welche Defizite es bei der Vermittlung der Naturwissenschaften im Unterricht gibt und wie der Unterricht verbessert werden kann.

Ergebnisse der empirischen Lehr- und Lernforschung

Dass der Physikunterricht weniger effektiv ist als es den Erwartungen, die in Lehrplänen und ähnlichen Dokumenten formuliert werden, entspricht, ist lange bekannt. Bereits Ende der 1970er Jahre ergaben sich in einer Studie zum Stand des Physikwissens beim Übergang von der gymnasialen Oberstufe zur Universität [10] eklatante Probleme dieses Unterrichts. Insbesondere wurden Defizite deutlich, wenn es um die Anwendung des Gelernten auf neue Situationen ankam. Während der 1980er und 1990er Jahre hat die empirische fachdidaktische und erziehungswissenschaftliche Lehr-Lern-Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht einen großen Aufschwung genommen [11]. Kurz zusammengefasst [12] zeigte es sich, dass das Erlernen naturwissenschaftlicher Begriffe und Prinzipien schwierig ist. Lernen der Naturwissenschaften bedeutet Konzeptwechsel von tief in Erfahrungen verankerten Alltagsvorstellungen zu den wissenschaftlichen Sichtweisen zu durchlaufen. Diese Konzeptwechsel sind langwierig; im herkömmlichen Unterricht mit seiner großen Stofffülle ist es nicht möglich, diese langfristigen Prozesse in Gang zu setzen und stetig zu unterstützen. Hinzu kommt, dass im herkömmlichen Unterricht offenbar (s.u.) ein Unterrichtsstil vorherrscht, der zu wenig Unterstützung dieser komplexen Lernprozesse bietet. Folglich erweist sich das erworbene Wissen als „träge“ [13]. Schülerinnen und Schüler sind nur im sehr eingeschränkten Maße in der Lage, es anzuwenden.

Als weiteres gravierendes Problem hat es sich erwiesen, dass das Interesse an Physik und am Physikunterricht vor allem bei den Mädchen im Verlaufe des Physikunterrichts mehr und mehr abnimmt [14]. Interesse und Verstehen hängen miteinander zusammen. Erleben die Schülerinnen und Schüler, dass sie die als so schwierig geltenden physikalischen Begriffe und Prinzipien verstehen können und dass diese für sie persönlich wichtig sind, so fördert das nicht nur ihr Selbstvertrauen, in Physik etwas lernen zu können, sondern auch ihr Interesse, sich mit Physik intensiv auseinander zu setzen ([15], Kapitel 3 und 6).

Als Konsequenz aus den Befunden der empirischen fachdidaktischen und erziehungswissenschaftlichen Lehr-Lern-Forschung wird vorgeschlagen, dass der Physikunterricht durch die folgenden Aspekte gekennzeichnet sein sollte ([12], [16]):

- *Verstehen fördern.* Vorunterrichtliche Vorstellung berücksichtigen. Schülerinnen und Schüler zu eigenständigem Lernen anregen. Durch Üben das Erlernte sichern. Unterrichtsbewertung als Hilfe für die Förderung des Lernens und Verstehens sehen.
- *Interesse wecken und entwickeln.*
- *Verbindungen schaffen.* Innerfachliche Integration. Überfachliche Integration. Bedeutung eines Inhalts für die Lebenswelt der Schüler, im gesellschaftlichen Raum, für das Verstehen von Umweltproblemen.
- *Unterricht über das Inhaltliche hinaus.* Lernen von Physik durch Lernen über Physik ergänzen. Experimente als Anregung zum physikalischen Denken sehen.

Die TIMSS-Videostudie-Mathematik

TIMSS und PISA haben gezeigt, dass es gravierende Probleme bei der Anwendung des erworbenen Wissens in anspruchsvollen Situationen gibt und damit die vorstehend skizzierten Befunde bestätigt. Zwar tritt dieses Problem, wie die internationale Lehr-Lern-Forschung zeigt, in allen Ländern auf. Aber deutsche Schüler haben hier deutlich größere Probleme als Schüler in anderen Ländern.

Die TIMSS Videostudie Mathematik ([17], [18]) hat zu dem Schluss geführt, dass der in Deutschland gepflegte Unterrichtsstil sich klar vom Unterrichtsstil in Japan unterscheidet. In beiden Ländern ist der Unterricht stark lehrerzentriert. Aber in Japan gibt es im Rahmen dieser Lehrerzentrierung regelmäßig Phasen, in denen die Schülerinnen und Schüler Gelegenheiten haben, sich selbst mit der Lösung eines Problems auseinander zu setzen. Dabei spielen Probleme, bei denen es mehrere Lösungswege gibt, eine wichtige Rolle. In Deutschland dagegen gibt es ein Standardskript, in dem der Lehrer im fragend-entwickelnden Verfahren eng geführt auf die eine „richtige“ Lösung zielt.

Für den Physikunterricht liegen erste Ergebnisse einer Videostudie vor, über die weiter unten berichtet wird. Baumert und Köller [19] haben auf der Basis von TIMSS Daten (für die Abschlussklassen der Sekundarstufe II) Schülereinschätzungen zu ihrem Physikunterricht und ihren Zusammenhang mit den in TIMSS erzielten Leistungen analysiert. Sie kommen zu dem Schluss, dass Physikunterricht, wie deutscher Mathematikunterricht, in erster Linie Demonstrationsunterricht ist. Er ist allerdings variantenreicher als jener. Das Experiment spielt eine wichtige Rolle, aber das Schülerexperiment ist eher randständig ([19], 284). Das vorherrschende Skript ist wie das Skript des Mathematikunterrichts recht eng geführt. Die Lehrkraft entwickelt mit Unterstützung des Vorführexperiments ein physikalisches Konzept; die Schüler machen sich währenddessen Notizen von der Tafel. Kennzeichen dieses Skripts sind also Lehrerexperiment, Lehrervortrag und fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch mit starker Lehrerlenkung ([19], 287). Das Skript, das Baumert und Köller [19] heraus arbeiten, stimmt

weitgehend mit dem überein, das Leisen [20] auf der Basis seiner langjährigen Erfahrungen in der Lehrerbildung beschrieben hat. Zum Zusammenhang des aufgrund von Schülereinschätzungen rekonstruierten Skripts mit den erzielten Leistungen im TIMSS Test gibt es interessante Befunde, die Baumert, Klieme und Bos ([21], 37) wie folgt zusammenfassen: „Gerade in der Physik deuten die Zusammenhänge zwischen Unterrichtsmerkmalen und Leistungsergebnissen darauf hin, dass sich ein kognitiv anspruchsvoller, gut vorbereiteter, auf intelligente Weise auch Experimente einbeziehender und gleichzeitig theoriebezogener Unterricht, der die zu Verfügung stehende Zeit nutzt, besonders auszahlt“ (s. auch [19], 296).

- (1) Demonstration eines physikalischen Phänomens oder einer themenbezogenen Problemfrage.
- (2) Erörterung von Hypothesen oder Lösungsansätzen im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch, die auf einen vorbereiteten Versuchsaufbau hinausläuft.
- (3) Im Demonstrationsunterricht (unter Schülermitwirkung) erfolgt die Hypothesenbestätigung oder der experimentelle Beleg für die Problemlösung.
- (4) Ergebnisse werden unter Einbindung von Schülerbeiträgen an der Tafel dokumentiert und von den Schülern ins Heft übernommen.
- (5) Weiterführende Fragen, weitere Anwendungsbeispiele, Ergänzungen oder experimentelle Demonstrationen.

Abb. 4: Typischer Aufbau einer Physikstunde (Nach Leisen [20])

Ergebnisse einer Videostudie zum Physikanfangsunterricht

Im Rahmen des oben genannten DFG Schwerpunktprogramms „BiQua“ wird seit Mitte des Jahres 2000 eine Videostudie zum Physikanfangsunterricht in den Klassen 7 und 8 durchgeführt ([22], [23], [24]). 14 Lehrkräfte von Gymnasien und Realschulen aus Bayern und Schleswig-Holstein nehmen mit je einer Klasse teil. Je 3 Unterrichtsstunden zu den Themen „Einführung in den elektrischen Stromkreis“ und „Einführung in den Kraftbegriff“ wurden auf Videoband aufgezeichnet. Weiterhin wurde den Schülerinnen und Schülern eine Reihe von Fragebögen zu affektiven und kognitiven Variablen vorgelegt und es wurden ausführliche Interviews mit den Lehrkräften geführt ([25]). Die Ergebnisse dieser Studie führen zu einem ähnlichen Skript, das Baumert und Köller [19] als Kennzeichen des Physikunterrichts in der SII beschrieben haben (s.o.). Es zeigt sich beispielweise, dass häufig ein eher rigides fragend-entwickelndes Unterrichtsverfahren dominiert, das den Schülerinnen und Schülern nur wenig Hilfen für die Konstruktion ihres Verständnisses bietet. Der Unterricht ist in der Regel fachlich korrekt und konsistent sequenziert. Vorstellungen und Interessen, die

Schülerinnen und Schüler in den Unterricht mitbringen, werden aber kaum nachdrücklich berücksichtigt. Das unterrichtliche Denken der meisten beteiligten Lehrkräfte ist vorwiegend „stofflich“. Sie verfügen über ein großes Repertoire an Kenntnissen über Experimente, andere Medien und didaktische Zugänge bei einem bestimmten Thema. Dieses stoffliche Denken ist aber häufig nicht in eine explizite Vorstellung vom Lernen der Schüler eingebettet. Das unterrichtliche Verhalten der meisten Lehrkräfte deutet darauf hin, dass sie von der Sicht ausgehen, Wissen ließe sich an die Schülerinnen und Schüler direkt weiter gehen. Die heute von der Lernpsychologie vertretene Sicht, dass Schülerinnen und Schüler ihr Wissen selbst entwickeln (konstruieren) müssen, findet sich nur bei wenigen Lehrkräften. Kognitive Aktivierungen und dgl. kommen z.B. bei einigen Lehrkräften kaum vor. Die Studie deckt aber nicht allein Defizite auf, sie ergibt auch wichtige Hinweise, wie Unterricht zu besseren Lernleistungen führen kann. So zeigt es sich, dass die Ergebnisse in den Klassen überdurchschnittlich sind, in denen die genannten kognitiven Aktivierungen überdurchschnittlich häufig gegeben werden. Die Studie hat also zu ganz ähnlichen Ergebnissen zur Bedeutung der kognitiven Aktivierung geführt, wie die oben genannten Studien. Sie gibt wichtige Hinweise, durch welche Aspekte effektiver Unterricht gekennzeichnet ist. Die aufgezählten Stunden enthalten darüber hinaus eine große Zahl von interessanten und neuen Unterrichtsideen und Unterrichtsmaterialien.

Folgerungen für den Physikunterricht

Es ist bereits oben von Folgerungen aus TIMSS und PISA für die Verbesserung des Bildungssystems insgesamt und den Unterricht die Rede gewesen. Wichtige Folgerungen für den Physikunterricht sind in Abb. 5 zusammengefasst dargestellt.

Abb. 5: Folgerungen – In Kürze

Auf der Ebene des Bildungssystems ist, wie bereits erwähnt, zu überlegen, ob ein Fach Naturwissenschaften in allen Schulstufen eingeführt werden sollte oder in welchen Altersstufen dies sinnvoll ist. Es gibt dieses Fach bereits in einigen Bundesländern in der Hauptschule, in anderen wird überlegt, ob nicht der Anfangsunterricht in Naturwissenschaften besser integriert als in Einzelfächern getrennt unterrichtet werden sollte [26]. Am weitesten scheint man hier in Nordrhein-Westfalen zu sein. Dort wird ein solcher Unterricht bereits erprobt. Insgesamt gesehen, gibt es aber mehr Befürworter der alten Aufteilung in die Fächer – allerdings wird die Notwendigkeit fächerüberschreitenden Unterrichts in der Regel sehr wohl gesehen.

Was die Lehrerbildung angeht, so muss in der Ausbildung versucht werden, zu einer besseren Balance von fachlicher, fachdidaktischer und erziehungswissenschaftlicher Ausrichtung zu kommen. Die vorstehend skizzierten Probleme des Physikunterrichts sind in aller Regel nicht auf unzureichende fachliche Ausbildung der Lehrkräfte zurück zu führen, sondern auf unzureichende fachdidaktische und erziehungswissenschaftliche Ausbildung. Was die Konsequenzen für die Verbesserung der Lehrerbildung angeht, so geht es weniger um ein „Mehr“ des didaktischen und erziehungswissenschaftlichen Studienanteils. Es ist unbestritten, dass eine gute fachliche Ausbildung notwendig ist, um einen effektiven Physikunterricht geben zu können. Lehrkräfte aber benötigen eine andere fachliche Akzentuierung als Fachphysiker. Was die fachdidaktischen und erziehungswissenschaftlichen Anteile angeht, so werden insbesondere die erziehungswissenschaftlichen Veranstaltungen häufig als wenig relevant angesehen. Diese Ausbildungsanteile müssen also neu gestaltet werden. Unbestritten ist auch, dass eine Reform der Lehrerbildung dringend nötig ist. In der Schule hat sich in den vergangenen Jahren kaum etwas verändert, während sich die Gesellschaft außerhalb der Schule dramatisch verändert hat – wie ein Schulpraktiker sehr zu Recht feststellt [27].

Auf der Ebene des Unterrichts scheint die Weiterentwicklung der so genannten Lehr-Lern-Kultur der Dreh- und Angelpunkt zu sein. Die Entwicklung von neuen Multi-Media Programmen, von neuen faszinierenden Experimenten oder von anderem neuen Lehr- und Lernmaterial für den Physikunterricht allein wird keine Verbesserung der derzeitigen Lage bringen. Diese potenziell effektiven neuen Medien können ihr Potenzial nur entfalten, wenn sie im Unterricht angemessen „orchestriert“ werden. Wie oben ausgeführt, dominieren im Unterricht Skripts, die wichtige neue Erkenntnisse, wie Schüler lernen, nicht in Betracht ziehen. Hier gilt es anzusetzen. Wissen lässt sich an die Schüler nicht einfach weiter geben. Sie müssen sich ihr Wissen eigenständig selbst entwickeln (konstruieren). Die

Ebene des Bildungssystems

- ◆ Fach Naturwissenschaften anstelle der Einzelfächer?
- ◆ Lehrerbildung: Balance zwischen fachlicher und didaktisch/erziehungswissenschaftlicher Ausbildung

Ebene des Unterrichts

- ◆ Der wichtigste Aspekt ist die Weiterentwicklung der so genannten Lehr-Lern-Kultur
 - Änderung der Sicht vom Lernen der Schüler
 - Änderung der Sicht der Rolle des Lehrers
 - Lernprozesse nachdrücklich unterstützen
 - Einbettung der Inhalte in lernförderliche Kontexte
 - Sachstruktur *für* den Unterricht
- ◆ Schwerpunkte im Bereich der PISA Prozesse
 - Stärkere Vernetzung der nat.wiss Fächer
 - Naturwissenschaftl. Arbeiten und Argumentieren
 - Sprachliches (und mathematisches) Modellieren
- ◆ Reduktion der Inhalte auf solche, die zentrale Grundbegriffe und Grundprinzipien vermitteln.

Lehrkraft sollte ihre Aufgabe darin sehen, die Lernprozesse nachdrücklich zu unterstützen und für die Einbettung der Inhalte in lernförderliche Kontexte zu sorgen. Es gilt, variantenreiche Lehr-Lernformen zu entwickeln, die durch kognitive Aktivierungen Lernprozesse anstoßen und unterstützen.

Die aktuelle Forschung zur Implementation von Qualitätsentwicklungsprogrammen hat gezeigt, dass die Veränderung der skizzierten subjektiven Theorien der Lehrkräfte einerseits der Schlüssel zur Veränderung der Lehr-Lern-Kultur ist, dass aber andererseits diese subjektiven Theorien nur schwer zu verändern sind [28].

Bei der Planung der Sachstruktur *für* den Unterricht spielen natürlich fachliche Aspekte eine wichtige Rolle. Aber diese Planung muss die Ziele des Unterrichts und die Vorstellungen, die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht mitbringen sowie ihre Interessen und Einstellungen in einem Prozess der „didaktischen Rekonstruktion“ gleichgewichtig berücksichtigen [29].

Dass im deutschen naturwissenschaftlichen Unterricht Prozesse, wie sie im PISA Konzept der naturwissenschaftlichen Grundbildung beschrieben werden, zu wenig Berücksichtigung finden, ist bereits oben erwähnt worden. Hinzu tritt das sprachliche und mathematische Modellieren. Es hat den Anschein, dass auch hier ein wichtiges Defizit des Unterrichts liegt. Es wird, so scheint es, häufig nicht klar, auf welcher Ebene im Unterricht argumentiert wird, auf der Ebene der Phänomene oder der Ebene der Theorie (bzw. der Modelle).

Als letzter Punkt ist ein „Klassiker“ unter den Forderungen zur Verbesserung des Physikunterrichts aufgeführt, die Beschränkung auf die zentralen Grundbegriffe und Grundprinzipien. Bislang ist es allerdings nur selten gelungen, dass dies zu einer erfolgreichen Bekämpfung der Stofffülle geführt hat. Vielleicht liegt dies daran, dass nicht bedacht wurde, dass die Bestimmung der zentralen Grundbegriffe und Grundprinzipien schwierig ist. Dies kann nur auf der Basis der Ziele geschehen, die man mit dem Unterricht verbindet. Geht man von einem realistischen Konzept der naturwissenschaftlichen Grundbildung aus, wie es mit dem PISA Konzept vorliegt, sollte es möglich sein, die so notwendige Reduktion auf das „Wesentliche“ zu leisten.

Das Modellversuchsprogramm SINUS als Ausgangspunkt für Verbesserungen

Das BLK Modellversuchsprogramm „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (kurz: SINUS; [30]; www.blk.mat.uni-bayreuth.de) kann in mehrfacher Hinsicht als Ausgangspunkt für die vorstehend umrissenen Verbesserungen des Physikunterrichts dienen. Zunächst liegt mit diesem Programm ein Konzept „gelingenden Unterrichts“ vor, das den in TIMSS und PISA offensichtlich gewordenen Defiziten deutscher Schülerinnen und Schüler hinsicht-

lich der erworbenen naturwissenschaftlichen (und mathematischen) Grundbildung zu begegnen gestattet [31].

Das Programm macht keine expliziten Aussagen zu mathematischen und naturwissenschaftlichen Inhalten, die zur Verbesserung der Unterrichtsqualität als zentral wichtig erscheinen. Es legt den Schwerpunkt auf die Verbesserung der Feinstruktur der Vermittlung der Inhalte. Es geht um eine neue, effiziente Lehr-Lern-Kultur, wie sie bereits skizziert worden ist.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> (1) Weiterentwicklung einer Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht (2) Naturwissenschaftliches Arbeiten (3) Aus Fehlern lernen (4) Sicherung von Basiswissen - Verständnisvolles Lernen auf unterschiedlichen Niveaus (5) Zuwachs an Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen (6) Fächergrenzen erfahrbar machen: Fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten (7) Förderung von Mädchen und Jungen (8) Entwicklung von Aufgaben für die Kooperation von Schülern (9) Verantwortung für das eigene Lernen stärken (10) Prüfen: Erfassen und Rückmelden von Kompetenzzuwachs (11) Qualitätssicherung innerhalb der Schule und Entwicklung schulübergreifender Standards |
|---|

Abb. 6: Die Module des Modellversuchs SINUS

Am Programm nehmen 180 Schulen fast aller Bundesländer teil, die in 30 „Schulsets“ mit je einer „Pilotschule“ und weiteren 5 Schulen aufgeteilt sind. Innerhalb dieser Schulsets werden neue Unterrichtsmethoden und -materialien entwickelt und erprobt. Als Orientierung der Arbeit dienen die Module, die in Abb. 6 aufgeführt sind. Sie sind auf der Basis einer umfassenden Analyse der Defizite des deutschen mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts entstanden [30]. Der Modellversuch läuft über 5 Jahre, er hat im Herbst 1998 begonnen. Die Programmträger (das Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel für den naturwissenschaftlichen Teil; das Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung (ISB) in München und die Universität Bayreuth für den mathematischen Teil) leisten Hilfestellung, durch umfangreiche Fortbildungsangebote und Hilfen bei der konkreten Arbeit.

Eine zentrale Rolle spielt das Modul 1 "Weiterentwicklung einer Aufgabenkultur". Es geht hier um die Entwicklung von mathematischen und naturwissenschaftlichen Aufgabenstellungen, die den Schülerinnen und Schülern vielfältige Möglichkeiten bieten, ihren Interessen und Fähigkeiten entsprechend eigenständig zu lernen, d.h. sich aktiv mit dem Stoff auseinander zu setzen, Wissen problemlösend zu erarbeiten oder ühend zu festigen.

Unter dem Modul 1 gilt es, eine Vielfalt von Aufgabenstellungen und Lösungswegen zu erreichen und zu einer Vielfalt des methodischen Vorgehens zu gelangen. Untersuchungen, die im Rahmen von TIMSS durchgeführt worden sind, haben gezeigt, dass die Aufgabenstellungen im deutschen Unterricht häufig durch die Betonung eines "richtigen" Lösungswegs gekennzeichnet sind, und dass eine relativ einfache Variante des fragend-entwickelnden Unterrichtsverfahrens vorherrscht.

Weitere wichtige Aspekte werden in der Expertise, die das SINUS Programm begründet [30] mit horizontaler und vertikaler Vernetzung bezeichnet. Bei der horizontalen Vernetzung geht es um die Notwendigkeit, die einzelnen Inhalte eng miteinander zu verzahnen. Statt „additiv“ gilt es, „kumulativ“ zu lernen. Nur so fügen sich die einzelnen Inhalte zu einem Ganzen, das auch für die Schülerinnen und Schüler stimmig wird. Unter vertikaler Vernetzung wird die Verknüpfung der Fachinhalte mit überfachlichen Aspekten verstanden. Fachliche Betrachtung erfasst in aller Regel nur einen Aspekt eines Phänomens. Es gilt fachübergreifende Aspekte in die Vermittlung des Fachlichen zu integrieren. Häufig werden erst durch solche Aspekte Kontexte geschaffen, in denen das Fachliche so eingebettet werden kann, dass es von den Schülerinnen und Schülern als sie betreffend oder als „lernenswert“ erachtet wird.

Schließlich sei auf das „Naturwissenschaftliche Arbeiten“ verwiesen, das in einem der elf Module des Programms herausgestellt wird. Hier geht es um die Unterstützung von Prozessen und Sichtweisen über die Naturwissenschaften, die notwendig sind, wenn hinsichtlich der erreichten naturwissenschaftlichen Grundbildung nicht ein wesentlicher Bereich fehlen soll.

Kurz zusammengefasst liegen mit dem Modellversuchsprogramm SINUS ein Konzept und vielfältige Erfahrungen vor, wie der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht verbessert werden kann, um den durch TIMSS und PISA offenbar gewordenen Defiziten des deutschen Unterrichts zu begegnen. Natürlich ist sehr viel weitere Arbeit nötig, um den vorstehend skizzierten Folgerungen (Abb. 5) zu entsprechen. Aber es liegt mit diesem Programm ein viel versprechender Start vor, an dem angeknüpft werden sollte. Hervorgehoben sei noch einmal, dass beim SINUS Programm die Weiterentwicklung der Lehr-Lern-Kultur im Mittelpunkt steht. Dies ist genau der Aspekt, der oben als Dreh- und Angelpunkt für Verbesserungen bezeichnet worden ist.

Ein Netz von Initiativen

Es ist in der einleitenden Kurzfassung dieses Beitrags bereits erwähnt worden, dass es in Deutschland eine große Anzahl von Initiativen zur Verbesserung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts gibt. Diese Initiative sollen im folgenden zusammenfassend vorgestellt werden.

◆ **BLK – Modellversuchsprogramm SINUS (1998-2003)** – www.blk.mat.uni-bayreuth.de/blk

Dieses Programm ist mit **PISA** insofern verzahnt, als alle SINUS Schulen im Jahre 2000 im Rahmen einer deutschen Zusatzerhebung an PISA teilgenommen haben. Im Jahre 2003 und ggf. auch im Jahre 2006 werden diese Schulen an den weiteren Runden von PISA teilnehmen. Damit stehen Informationen zur Verfügung, ob sich die Effizienz des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in diesen Schulen von anderen an PISA teilnehmenden Schulen unterscheidet oder nicht

◆ **PISA**

www.ipn.uni-kiel.de/projekte/pisa
www.mpib-berlin.mpg.de/pisa

◆ **BiQua – Bildungsqualität des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts**

www.ipn.uni-kiel.de/projekte/biqua

Hier handelt es sich um ein Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft, an dem in der ersten Runde (2000/2001) 23 Projekte beteiligt waren. Es läuft über insgesamt 6 Jahre. Fachdidaktiker und Erziehungswissenschaftler arbeiten eng zusammen, um das Lernen der Mathematik und Naturwissenschaften in schulischen und außerschulischen Kontexten zu erforschen. Die Studien sind so angelegt, dass „anwendungsnahe“ Ergebnisse erzielt werden, die zur Verbesserung des Unterrichts dienen können. Einige Projekte sind mit PISA, andere mit SINUS verbunden.

◆ **Forum Bildung**

www.forumbildung.de

Hier handelt es sich um eine Initiative von Bund und Ländern, um die Bildung insgesamt zu verbessern. Es ist eine Reihe von Empfehlungen erarbeitet worden, die über die genannte Homepage angefordert werden können.

◆ **PUSH – Public Understanding of Science**

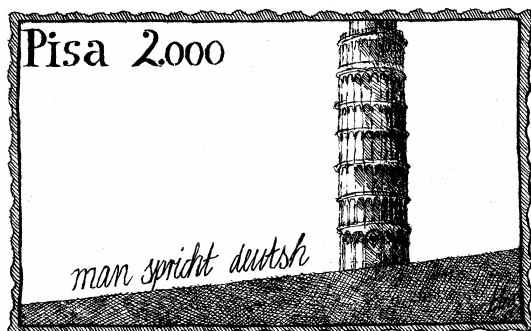
www.stifterverband.de

Der Name dieser Initiative des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft ist Programm. Es geht vor allem darum, durch engere Kooperation von Schule und Wissenschaft das Verständnis von und für Wissenschaften zu verbessern.

◆ **Weitere Initiativen**

Es gibt eine große Zahl weiterer Initiativen zur Kooperation von Schule und Wissenschaft, die einzelne Universitäten oder Fachverbände (wie die Deutsche Physikalische Gesellschaft) unternehmen. Weiterhin gibt es eine große Zahl von Initiativen verschiedener Art auf lokaler, regionaler wie nationaler Ebene, die hier nicht im Einzelnen aufgeführt werden können.

Es ist zu hoffen, dass diese Initiativen zu einer Verbesserung naturwissenschaftlichen Unterrichts führen, die bei kommenden Runden der PISA Studie Karikaturen wie die folgende unnötig machen.



(Zeichnung von Heinz Birk aus der Süddeutschen Zeitung)

Literatur

- [1] Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M. et al. (1977). TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske & Budrich.
- [2] Baumert, J., Bos, W. & Lehmann, R., Hrsg. (2000). TIMSS/III. Band 1: Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit. Band 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe. Opladen: Leske & Budrich.
- [3] Baumert, J., Klieme, E., Neubrandt, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.J. & Weiß, M., Hrsg. (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.
- [4] Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P. & Klopp, A. (2001). Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In J. Baumert et al., Hrsg. (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich, 192-250.
- [5] Duit, R. (2002). Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen verstehen – PISA-Aufgaben: Mehr als Fakten wissen. Naturwissenschaften im Unterricht Physik 13, Nr. 67, 18-20.
- [6] Gröger, M., Schmitz, J. & Hofheinz, V. (2002). Fragen aus den realen Leben. Aufgaben in Anlehnung an die PISA-Studie. Unterricht Physik 13, Nr. 67, 21-23.
- [7] KMK (2002). Konsequenzen aus der PISA-Studie: Laufende und geplante Maßnahmen der Länder. Pressemitteilung der 297. Plenarsitzung der Kultusministerkonferenz am 28. Februar/1. März 2002 in Berlin.
- [8] Altenmüller, G. (2002). Die Schulstudie PISA empfiehlt „Science“ als Hauptfach. Physik Journal 1, Nr. 1, 6-7.
- [9] Rauner, M. (2002). „Die Schüler wissen oft nicht, wo der Lehrer hin will“. Interview mit Reinders Duit. Physik Journal 1, Nr. 1, 7.
- [10] Born, G. & Euler, M. (1977). Der Physiklehrer in der Bundesrepublik Deutschland – Eine empirische Untersuchung. Bonn: Deutsche Physikalische Gesellschaft.
- [11] Duit, R. & Treagust, D. (1998). Learning in science: From behaviourisms towards social constructivism and beyond. In B. Fraser & K. Tobin, International Handbook of Science Education. Dordrecht; Niederlande: Kluwer, 3-25.
- [12] Duit, R. (1999). Das Lernen von Physik verbessern. Beiträge der empirischen Unterrichtsforschung. Naturwissenschaften im Unterricht, 10, Heft 54, 4-6.
- [13] Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. Psychologische Rundschau, 47, 78-92.
- [14] Hoffmann, L., Häußler, P. & Peters-Haft, S. (1997). An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht. Kiel: IPN – Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- [15] Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). Naturwissenschaftsdidaktische Forschung. Perspektiven für die Unterrichtsplanung. Kiel: IPN – Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- [16] Schecker, H. (2001). TIMSS – Konsequenzen für den Physikunterricht. In Bundesministerium für Bildung und Forschung, Hrsg., TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht. Bonn: BMBF, 85-97.
- [17] Stigler, J.W., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, S. & Serrano, A. (1999). The TIMSS videotape classroom study: Methods and findings from an exploratory research project on eight-grade mathematics instruction in Germany, Japan and the United States. U.S. Department of Education, National Centre for Education Statistics (199NCEES 99-074). Washington DC: U.S. Government Printing Office (<http://nces.ed.gov/timss>).
- [18] Stigler, J.W. & Hiebert, J. (1997). Understanding and improving classroom mathematics instruction: An overview of the TIMSS Video Study. Phi Delta Kappan, 79 (1), 14-21.
- [19] Baumert, J. & Köller, O. (2001). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann, Hrsg., TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Band 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe. Opladen: Leske + Budrich, 271-316.
- [20] Leisen, J. (1999). Lehrerbildung nach TIMSS. Manuskript zu einem Vortrag auf der Bundesfachleitertagung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen

- Unterrichts in Kassel. Zitiert nach: Schecker (2001), a.a.O., 86.
- [21] Baumert, J., Klieme, E. & Bos, W. (2001). Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn – Die Herausforderung von TIMSS für die Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. In Bundesministerium für Bildung und Forschung, Hrsg., TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht. Bonn: BMBF, 11-42.
- [22] Prenzel, M., Duit, R., Euler, M. & Lehrke, M. (1999). Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht: Eine Videostudie. Antrag an die DFG im Rahmen des Schwerpunktprogramms BiQua. Kiel: IPN – Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- [23] Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Lehrke, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Müller, C., & Rimmel, R. (2002). "Jetzt bitte alle nach vorne schauen!" - Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. Unterrichtswissenschaft, 30, 52-77.
- [24] Duit, R., Euler, M., Lehrke, M. & Prenzel, M. (2002). Eine Videostudie zum Physikanfangsunterricht. Tagung des Fachverbandes Didaktik der Physik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Leipzig (auf der vorliegenden Tagungs CD).
- [25] Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Lehrke, M. & Seidel, T., Hrsg. (2001). Erhebungs- und Auswertungsverfahren des DFG-Projekts Lehr-/Lernprozesse im Physikunterricht – eine Videostudie. IPN Materialien. Kiel: IPN - Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- [26] Berge, O.E. & Duit, R. (2000). Richtig Anfangen - Physikalischer Anfangsunterricht - Chancen für unser Fach. Naturwissenschaften im Unterricht Physik11, Heft 60, 4-7.
- [27] Fruböse, C. (2002). PISA und was nun? Anmerkungen aus der Sicht eines Lehrers. MNU 55, 173-180.
- [28] Anderson, R.D. & Helms, J.V. (2001). The ideal of standards and the reality of schools: needed research. Journal of Research in Science Teaching, 38, 3-16.
- [29] Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3, Heft 3, 3-18.
- [30] BLK, Hrsg. (1997). Expertise „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Verfasst für die Bund-Länder-Kommission-Projektgruppe „Innovationen im Bildungswesen“. Bonn: BLK (<http://blk.mat.uni-bayreuth.de/blk/blk/material/ipn.html>).
- [31] Prenzel, M. & Duit, R. (1999). Ansatzpunkte für einen besseren Physikunterricht. Der BLK-Modellversuch „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Naturwissenschaften im Unterricht, 10, Heft 54, 23-37.