

Initiativen zur Verbesserung des Physikunterrichts in Deutschland

Reinders Duit

IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel
(Eingegangen: 27.03.2006; Angenommen: 06.09.2006)

Kurzfassung

Die mäßigen Ergebnisse deutscher Schülerinnen und Schüler in den internationalen Vergleichsstudien TIMSS und PISA haben einen beispiellosen „Boom“ an Initiativen zur Verbesserung der Situation auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene ausgelöst. Die wichtigsten Initiativen auf nationaler Ebene werden vorgestellt, die folgenden genauer unter die Lupe genommen: Das SINUS-Programm (Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts), das Projekt Physik im Kontext (piko) und das Vorhaben Lernort Labor. Weiterhin wird diskutiert, welche Anstöße zur Verbesserung des Unterrichts von den neuen Bildungsstandards zu erwarten sind.

1. Vorbemerkung

Ziel dieses Beitrags ist es einerseits, einen Überblick über den Stand der Forschung zu Defiziten und Stärken des Physikunterrichts zu geben und andererseits die wichtigsten Initiativen, die als Reaktion auf die Ergebnisse von TIMSS (Third International Mathematics and Science Studies) und PISA (Programme for International Student Assessment) in Deutschland eingeleitet worden sind, vorzustellen. Es wird dabei an einer früheren „Bestandsaufnahme“ [1] angeknüpft.

Hinzuweisen ist darauf, dass die „einfachen“ Lösungen, die nach der Veröffentlichung von Defiziten unseres Bildungssystems immer angeboten werden, am Problem vorbeigehen. So hört man zum Beispiel immer wieder einmal den Hinweis, die fachliche Qualifikation der Lehrkräfte müsse nachhaltig verbessert werden oder es wäre wichtig, die Begeisterung für Physik durch attraktive neue Versuche oder Multi-Media Programme zu wecken. Alle diese Vorschläge sind *allein* wirkungslos. Schließlich gilt es, ein hochkomplexes nicht-lineares System zu steuern. Wie schwer dies ist, sollte aus der nicht-linearen Physik bekannt sein.

In der Tat sind Verbesserungen auf allen Ebenen des Bildungssystems und auch der Gesellschaft, in die dieses Bildungssystem eingebettet ist, nötig. Was die Verbesserung des Unterrichts selbst angeht, so sind nicht allein Konzepte für effizienten Unterricht wichtig, sondern auch Konzepte, wie dieser neue Unterricht von den Lehrkräften in die Praxis umgesetzt werden kann. Es hat sich weltweit gezeigt, dass die Weiterbildung der Lehrkräfte der entscheidende Aspekt bei allen Bemühungen um die Verbesserung des Unterrichts ist [2,3,4,5].

2. Probleme und Defizite des Physikunterrichts – Das SINUS Programm

Als Reaktion auf die unbefriedigenden Ergebnisse deutscher Schülerinnen und Schüler in TIMSS hat eine Kommission unter Leitung von Jürgen Baumert

(MPI für Bildungsforschung Berlin) eine Expertise entwickelt [6], die als Rahmenkonzeption für das Modellversuchsprogramm „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (kurz: SINUS) der BLK dient [7]. Die 11 Module des Programms sind so bekannt geworden, dass sie hier nur wieder in Erinnerung gerufen und nicht ausführlich erläutert werden müssen (s. auch [8]).

Die 11 Module des SINUS Programms

- (1) Weiterentwicklung einer Aufgabekultur 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
- (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 Rückmeldung für das eigene Lernen stärken
- (11) Qualitätssicherung innerhalb der Schule und Entwicklung schulübergreifender Standards

Diesem Programm liegt ein Bild des vorherrschenden Unterrichts zugrunde, das sich inzwischen auf empirische Untersuchungen abstützen kann. Es wurde davon ausgegangen, dass der deutsche mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht in der Regel sehr lehrerzentriert ist, dass nur wenige Unterrichtsmethoden und Aufgabenformen vorherrschen, dass ein sehr enges fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch dominiert, das zielstrebig darauf ausgerichtet ist, den vom Lehrer als richtig empfundenen Weg zu folgen und dass Schülerinnen und Schülern nur wenige Möglichkeiten für eigenständi-

ges Arbeiten (z.B. eigenständiges Experimentieren) bietet.

Ziel war es, eine neue *Lehr-Lern-Kultur* zu entwickeln, in der viele Aufgabenformen und Unterrichtsmethoden sinnvoll eingesetzt werden und in denen die Schülerinnen und Schüler viele Gelegenheiten bekommen, sich aktiv und nachhaltig mit dem zu lernenden Stoff auseinander zu setzen und dabei auch Gelegenheiten erhalten, fruchtbar miteinander zusammen zu arbeiten. Diese Lehr-Lern-Kultur erlaubt es den Schülern nicht nur, Fehler zu machen, sondern sieht Fehler als wichtige Gelegenheiten an, Erkenntnisse zu gewinnen.

Zwei weitere Aspekte sind zentral wichtig. Offenbar ist der herkömmliche Unterricht vorwiegend „additiv“ und nicht „kumulativ“ angelegt, d.h. die aufeinander folgenden Unterrichtsinhalte werden nicht ausreichend miteinander vernetzt. Schülerinnen und Schüler werden dadurch nur sehr unzureichend darüber informiert, welche Rolle das gerade Erarbeitete spielt, worauf es aufbaut und wohin es führt.

Eine weitere mangelnde Vernetzung betrifft die unzureichende Einbettung des fachlichen Inhalts in fachübergreifende Zusammenhänge.

Experimente spielen im naturwissenschaftlichen Unterricht traditionell eine wichtige Rolle. Experimente sollten aber nicht – wie es in der Regel der Fall zu sein scheint – enggeführt quasi abgearbeitet, sondern auch als Gelegenheiten für eigenständiges naturwissenschaftliches Arbeiten gesehen werden.

3. Ergebnisse der empirischen Lehr-Lern-Forschung

Dass der Physikunterricht weniger erfolgreich ist, als es den Erwartungen entspricht, die in Lehrplänen und ähnlichen Dokumenten formuliert werden, ist seit langem bekannt – spätestens seit den in den frühen 1980er Jahren weltweit intensiv durchgeführten Untersuchungen zur Rolle von vorunterrichtlichen Vorstellungen beim Lernen von Naturwissenschaften [9]. Lernen von Physik erweist sich als schwierig, weil die Schülerinnen und Schüler mit Vorstellungen in den Unterricht kommen, die mit den zu lernenden Vorstellungen nicht übereinstimmen. Da diese Vorstellungen die Interpretations-schemata liefern, mit denen die Schülerinnen und Schüler das im Unterricht Präsentierte verstehen, sind Missverständnisse die Norm im Unterricht. Lernen von Physik bedeutet das Erlernen einer völlig neuen Sicht, Konzeptwechsel sind nötig. Diese Untersuchungen zeigen auch, dass Anwenden von neu erworbenen Einsichten sehr schwierig ist [10]. Physikunterricht ist nicht allein aus dem genannten Grund schwierig, sondern auch deshalb, weil das Lernen von Physik – insbesondere bei den Mädchen – nur auf geringes Interesse trifft [11,12].

Die Erkenntnisse der nationalen wie internationalen empirischen Lehr-Lern-Forschung kann man in den

folgenden Konsequenzen zusammenfassen (s. [1], vgl. auch [13]):¹

- *Verstehen fördern.* Vorstellungen und Vorverständnisse, die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht mitbringen, 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 traditionelle Inhaltliche hinaus.* Lernen von Physik durch Lernen über Physik ergänzen. Naturwissenschaftliches Arbeiten neben Begriffen und Prinzipien gleichgewichtig berücksichtigen.

Es zeigt sich, dass hier ganz ähnliche Akzente gesetzt werden, wie in der oben skizzierten Expertise zum SINUS Programm.

4. Zehn Thesen zur physikalischen Bildung

Peter Labudde [18] hat einen etwas anders akzentuierten Versuch unternommen, den Stand der fachdidaktischen und erziehungswissenschaftlich / psychologischen Lehr-Lern-Forschung in kurzer Form zusammen zu fassen. Bei ihm steht aber zusätzlich ganz explizit eine Vision physikalischer Grundbildung im Mittelpunkt, die sich am Nutzen dieser Bildung für den Schüler und späteren Bürger orientiert.

1. Exemplarisch Physik des 20. Jahrhunderts erarbeiten
2. Das Vorverständnis der Lernenden einbeziehen
3. Physik in einen lebensweltlichen Kontext einbetten
4. Fächerübergreifend vernetzen
5. Naturwissenschaftlich experimentieren
6. Qualitativ und quantitativ argumentieren
7. Mädchengerecht unterrichten
8. Kooperation und Kommunikation fördern
9. Das Beurteilen und Bewerten erneuern
10. Über die Physik und sich selbst lernen

Zu den bisher bereits aufgeführten Aspekten treten bei Labudde zwei ergänzende Gesichtspunkte hinzu. Er betont die Bedeutung, die „moderne“ Physik und Technologie im Unterricht spielen sollten und spricht damit ein wichtiges Defizit des Physikunter-

¹ Ein Überblick über theoretische Ansätze und Ergebnisse empirischer psychologischer und fachdidaktischer Lehr-Lern-Forschung findet sich in [14], mit physikdidaktischem Schwerpunkt in [15]. Ausführliche Übersichten bieten Handbücher zur internationalen Forschung ([16,17]).

richts an. Zumindest auf der Sekundarstufe I geht der Physikunterricht nur sehr selten über den Stand am Ende des 19. Jahrhunderts hinaus. Eine physikalische Grundbildung, die Schülerinnen und Schülern einen Einblick über die heutige Deutung der Welt aus physikalischer Sicht geben soll, kann auf die aktuelle Sicht nicht verzichten.

Die sechste These zielt auf die Vorstellung mancher Lehrkräfte (vor allem des Gymnasiums), dass „richtige“ Physik quantitative Formulierungen (meist in Form von Formeln) von Zusammenhängen in den Mittelpunkt stellen sollte. Es wird argumentiert, dass dies eine sehr einseitige Position ist, dass ein qualitatives Verständnis der Zusammenhänge Voraussetzung ist, die mathematische Form angemessen verstehen zu können.

5. Die IPN Videostudie Physik

In den Jahren 2000 bis 2004 ist im Rahmen des DFG Schwerpunktprogramms „BiQua“² am IPN eine Videostudie durchgeführt worden, um die Praxis des Physikunterrichts in den Schuljahren 7 bis 9 zu untersuchen [19,20,21]³. Sie baute auf der TIMSS Videostudie Mathematik auf, in der Mathematikunterricht in den USA, Japan und Deutschland verglichen worden ist [22]. Mit einer weiteren im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Biqua“ durchgeführten Videostudie zur Praxis des Physikunterrichts [23] in Essen besteht eine enge Kooperation.

An der ersten Phase der IPN Videostudie (2000 bis 2002) beteiligten sich 13 Lehrkräfte des Gymnasiums und der Realschule aus den Bundesländern Bayern und Schleswig-Holstein. Alle Lehrkräfte stammten aus Schulen, die am oben genannten SINUS Programm teilnahmen. In der zweiten Phase waren es 50 Lehrkräfte aus vier Bundesländern. Die Schulen, aus denen diese Lehrkräfte stammten, waren per Zufall ausgewählt worden. Weiterhin gab es eine etwa gleich große Stichprobe von Lehrkräften aus der Deutschschweiz. Diese Studie wird von Peter Labudde geleitet [24] und vom Schweizer Nationalfond gefördert.

Ziel der Videostudien zum Physikunterricht in Deutschland und in der Deutschschweiz ist es zunächst, die dominanten Muster des Unterrichts zu identifizieren. Weiterhin werden die Sichtweisen der Lehrkräfte über „guten“ Unterricht untersucht. Schließlich werden Zusammenhänge zwischen den Mustern des Unterrichts und den Sichtweisen der Lehrkräfte auf der einen und der Entwicklung der Schülerleistungen sowie ihrer Interessen im Schuljahr der Videoaufzeichnungen auf der anderen Seite unter die Lupe genommen.

² <http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/biqua/>

³ Das Team der Videostudie Physik in den ersten beiden Phasen: Manfred Prenzel, Tina Seidel, Reinders Duit, Manfred Euler, Manfred Lehrke, Rolf Rimmele, Inger-Marie Dalehefte, Lena Meyer, Christoph T. Müller, Maike Tesch und Ari Widodo.

Im Mittelpunkt stehen Aufzeichnungen von Unterrichtsstunden. In der ersten Phase wurden von jeder Lehrkraft je drei Unterrichtsstunden zu den Themen Stromkreis und Kraftbegriff (7. bzw. 8. Schuljahr) aufgezeichnet. In der zweiten Phase handelte es sich um eine Doppelstunde zur Einführung in den „Kraftbegriff“ oder in das Thema „Linsengesetze / optische Geräte“ im 9. Schuljahr.

Ergänzende Daten liefern Schülerfragebögen zur Entwicklung der Leistung hinsichtlich der aufgezeichneten Themen und zur Entwicklung affektiver Variablen (wie Interesse). Diese Fragebögen wurden am Beginn und am Ende des Schuljahres der Aufzeichnung bearbeitet. Weiterhin füllten die Schülerinnen und Schüler nach den Videoaufzeichnungen einen Fragebogen aus, in dem sie u.a. Stellung zum Unterricht nahmen. Auf Lehrerseite gab es einen Fragebogen, der vor den Videoaufzeichnungen ausgefüllt wurde. Weiterhin wurden mit etwa 40% der teilnehmenden Lehrkräfte nach den Videoaufzeichnungen ausführliche Interviews durchgeführt. Mit diesen Gesprächen war es möglich, Näheres über die Vorstellungen der Lehrkräfte zu „gutem“ Unterricht sowie ihre Einschätzung des eigenen Unterrichts zu erfahren.

Die Unterrichtsstunden wurden mit zwei Digitalkameras aufgezeichnet. Die eine Kamera war stets auf die Lehrkraft gerichtet, die andere hatte die Klasse im Blick. Die Aufzeichnungen wurden auf CD überspielt.

Eine spezielle Software [25] erlaubt die „Kodierung“ der Videos im Takt von 10 Sekunden, also eine Auswertung daraufhin, welche Unterrichtselemente wie viel Zeit des aufgezeichneten Unterrichts in Anspruch nehmen. Kodiert wurden beispielsweise [20,21]:

- *Arbeitsformen* (Klassengespräch, Stillarbeit, Gruppenarbeit)
- *Phasen des Unterrichts* (Wiederholen, Lernen neuer Inhalte, Experimentieren)
- *Lernunterstützung beim Klassengespräch*
- *Rolle des Experiments*

Weiterhin wurde die *Sachstruktur* jeder Unterrichtsstunde in Form eines logischen Flussdiagramms dargestellt. Damit wird es möglich, die fachliche Qualität des Unterrichts einzuschätzen und die unterschiedlichen Wege zu den aufgezeichneten Themen zu vergleichen [26].

Bisher liegen die Ergebnisse der ersten beiden Phasen der Videostudie in Deutschland vor, am Vergleich mit der Deutschschweiz wird noch gearbeitet. Kurz zusammengefasst ergibt sich für den deutschen Physikunterricht das folgende Bild [27]:

- Zunächst ist zu betonen, dass die *fachliche Qualität* des Unterrichts in aller Regel sehr gut ist – das gilt insbesondere für die beteiligten Gymnasien. Zu betonen ist, dass jeder Unterricht Stärken und Highlights, aber auch Schwächen hat. Jeder Unterricht ist überdies individuell, jede Lehrkraft hat

- ihre eigene „Handschrift“, die kaum kopiert werden kann.
- *Experimente* haben, wie erwartet, eine große Bedeutung. Im Mittel werden rund 70 % des Unterrichts vom Experiment bestimmt – Vorbereitung (13 %), Durchführung (19 %), Nachbereitung (38 %). Das Schülerexperiment nimmt etwas mehr (11 %) der Unterrichtszeit ein als das Demonstrationsexperiment (7 %). Es gibt hier allerdings große Unterschiede zwischen den Lehrkräften. Als Defizit ist zu konstatieren, dass die Schülerinnen und Schüler in der Regel nur wenige Gelegenheiten haben, Experimente eigenständig zu planen, durchzuführen und auszuwerten.
 - Der Unterricht ist außerordentlich *lehrerzentriert*. Nur rund 17 % der Unterrichtszeit entfallen auf Schülerarbeitsphasen – auch hier gibt es allerdings große Unterschiede zwischen den Lehrkräften. Der Anteil des Klassengesprächs variiert z.B. zwischen 19 % und 100 %. Es dominiert ein sehr eng geführtes Klassengespräch im Stile des fragend-entwickelnden Verfahrens. In der Regel handelt es sich um ein Wechselspiel zwischen der Lehrkraft und einzelnen Schülerinnen und Schülern.
 - Der Unterricht bietet eher *selten Gelegenheiten für die aktive und eigenständige Auseinandersetzung mit dem Stoff*. Auch die systematische Unterstützung des Lernen kommt häufig zu kurz..
 - Aus fachlicher Sicht dominiert Unterricht über die „klassischen“ Inhalte (wie Optische Geräte oder Kraftbegriff), *naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen werden nur sehr selten ausdrücklich angesprochen*. Gleiches gilt für Sichtweisen über die Physik.
 - Insbesondere die Interviews mit den Lehrkräften haben gezeigt, dass ihr *Denken über „guten“ Unterricht „stofforientiert“* ist: Die physikalischen Inhalte, d.h. die physikalischen Begriffe und Prinzipien, stehen im Mittelpunkt der Überlegungen. Mit der Bedeutung von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie von Sichtweisen über die Physik als Wissenschaft sind viele Lehrkräfte nicht gut vertraut.
 - Die meisten Lehrkräfte haben *keine explizite Vorstellung, wie Lernen „funktioniert“* und welche Rolle sie beim Lernen einnehmen sollten. Sie verstehen es, das Fachliche gut zu modellieren, das Lernen der Schülerinnen und Schüler jedoch nicht im gleichen Maße. Wichtige Forschungsergebnisse, wie zum Beispiel zur Rolle von Schülervorstellungen beim Lernen von Physik und zur Förderung des Interesses sind kaum bekannt.

Die Fragebögen, die Schülerinnen und Schüler am Beginn und Ende des Schuljahres ausfüllten, erlauben es, Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der fachlichen Leistung und affektiver Variablen (wie Interesse) im Schuljahr der Videoaufzeichnungen und bestimmter Muster des Unterrichts zu untersuchen. Dabei ergibt sich das folgende Bild:

- Das *Interesse* geht, wie sich in vielen anderen Studien ebenfalls gezeigt hat [11], generell zurück – allerdings unterschiedlich stark. Dominiert im Unterricht ein eng geführtes Klassengespräch, dann ist dies in der Regel mit besonders starker Abnahme des Interesses verbunden.
- Die *Entwicklung der fachlichen Leistung* fällt ebenfalls sehr unterschiedlich aus – sie reicht von großem bis zu überhaupt keinem Zuwachs.
- Die Zusammenhänge zwischen bestimmten Mustern des Unterrichts und der Entwicklung der fachlichen Leistung sind komplex. Den Erfolg einer bestimmten Methode bzw. eines bestimmten Unterrichtsmusters gibt es offenbar nicht. Es gibt zum Beispiel keinen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Schülerarbeitsphasen und einer besseren Entwicklung der Leistung. Schülerexperimente führen also nicht notwendig zu besseren Leistungen [28] und lehrerzentrierter Unterricht ist nicht notwendig weniger erfolgreich als schülerorientierter Unterricht [21].
- Es gibt Hinweise darauf, dass bestimmte Kennzeichen des Unterrichts eher zu besseren Leistungen führen. Dazu zählen: (a) die Vernetztheit des dargebotenen Wissens; (b) das Anknüpfen an Schülervorstellungen bzw. am Vorwissen; (c) das Einbetten in Alltagskontexte; (d) die Schlüssigkeit des Unterrichts; (e) die systematische Unterstützung des Lernens durch die Lehrkräfte.

Das vorstehend skizzierte Bild der Praxis des deutschen Physikunterrichts in den Schuljahren 7 bis 9, das sich in der Videostudie des IPN ergeben hat, wird durch die oben erwähnte Essener Videostudie Physik ([23,29] weitgehend bestätigt. Auf der Basis von TIMSS Daten für die Abschlussklassen der S II kommen Baumert und Köller [30] zu einem entsprechenden Bild eines sehr engeführten Physikunterrichts. Es ist deshalb davon auszugehen, dass in Deutschland ein sehr lehrerzentrierter Physikunterricht dominiert, in dem Experimente zwar eine wichtige Rolle spielen, die Schülerinnen und Schüler aber nur wenige Gelegenheiten haben, sich eigenständig mit den Experimenten und dem vermittelten Stoff auseinander zu setzen. Es dominiert im deutschen Physikunterricht ein – in der Regel sehr eng geführtes – Klassengespräch im Stile des „fragend-entwickelnden Verfahrens“. Ein ähnliches Bild hat die erwähnte TIMSS Videostudie Mathematik [22] für den deutschen Mathematikunterricht gezeichnet. Interessant ist, dass die bisher vorliegenden Ergebnisse der Videostudie Physik in der Schweiz [24] daraufhin weisen, dass auch dort der Physikunterricht nur marginal schülerorientierter ist als in Deutschland.

Eine TIMSS Video Studie zum naturwissenschaftlichen Unterricht im achten Schuljahr in fünf Ländern (Australien, Tschechische Republik, Japan, Niederlande und USA) [31] zeigt, dass auch in diesen Ländern der Physikunterricht sehr lehrerzentriert ist (wenngleich in einigen Ländern weniger ausgeprägt

als in Deutschland) und den Schülerinnen und Schülern nur wenige Gelegenheiten für eigenständige Arbeit bietet. Überdies ist der fachliche Inhalt – wie in Deutschland – weitgehend auf die „klassischen“ Inhalte beschränkt. Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sowie Sichtweisen zur „Natur“ der Naturwissenschaften haben auch in diesen Ländern eine sehr eingeschränkte Bedeutung.

Was die Rolle des Experiments angeht, so ist bemerkenswert, dass sich in den vorliegenden internationalen Reviews [32,33] ein ähnliches Bild der normalen Praxis abzeichnet, wie es für den deutschen Physikunterricht beschrieben worden ist. In der Regel wird auch das Schülerexperiment von der Lehrkraft stark kontrolliert. Schülerinnen und Schüler haben nur selten Gelegenheiten, eigenständig Versuche zu planen, Hypothesen zu entwickeln und Schlussfolgerungen zu ziehen [34]).

6. Kennzeichen „guten“ Physikunterrichts

Unter den vielen Bemühungen, den Unterricht zu verbessern, die durch die wenig zufriedenstellenden Ergebnisse deutscher Schülerinnen und Schüler in TIMSS und PISA angestoßen worden sind, findet sich eine Reihe von Arbeiten zu Merkmalen „guten“ Unterrichts. Dort wird versucht, den Kenntnisstand der Lehr-Lern-Forschung zusammen zu fassen.

Ein Standardwerk hat Andreas Helmke [35] vorgelegt. Griffig für die Schulpraxis zusammengefasst hat solche Einsichten Hilbert Meyer [36] in seinen „Zehn Merkmalen guten Unterrichts“:

- | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Klare Strukturierung des Lehr-Lern-Prozesses 2. Intensive Nutzung der Lernzeit 3. Stimmigkeit der Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen 4. Methodenvielfalt 5. Intelligentes Üben 6. Individuelles Fördern 7. Lernförderliches Unterrichtsklima 8. Sinnstiftende Unterrichtsgespräche 9. Regelmäßige Nutzung von Schüler-Feedback 10. Klare Leistungserwartungen |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Bei Helmke [35] spielt ein Aspekt eine große Rolle, der in den Merkmalen von Meyer nicht ausdrücklich genannt wird, nämlich die Passung von Lernangebot und den Lernmöglichkeiten der Schülerinnen und Schüler.

Auf der Basis der Ergebnisse der Videostudie Physik und unter Berücksichtigung der bereits genannten Ergebnisse der Lehr-Lern-Forschung sind die in Abb. 1 (s. die folgende Seite) aufgeführten „Kennzeichen guten Physikunterrichts“ zusammengestellt worden [37].

Im Mittelpunkt steht dabei, ob der Unterricht fachlich konsistent und stimmig ist. Dies ist zweifellos ein entscheidendes Kennzeichen. Aber es handelt sich lediglich um eine notwendige Voraussetzung. Fachliche Stimmigkeit ist keineswegs hinreichend für guten Lernerfolg. Weiterhin ist zu beachten, was

bereits im vorangegangenen Abschnitt betont worden ist: Viele unterschiedliche Unterrichtsmethoden und Unterrichtsmedien, viele Phasen, in denen die Schülerinnen und Schüler eigenständig arbeiten können, machen *allein* noch keinen guten Unterricht aus. Es kommt auf die Abstimmung der genannten Kennzeichen an.

Die Kennzeichen guten Unterrichts in Abb. 1 können Orientierung für die Unterrichtsplanung, von Unterrichtsentwicklungsgruppen oder einzelnen Lehrkräften bieten. Allerdings muss in Betracht gezogen werden, dass viele Lehrkräfte über guten Unterricht andere Vorstellungen haben – wie sich u.a. in der oben vorgestellten Videostudie des IPN gezeigt hat. Um die Kennzeichen fruchtbar nutzen zu können, sind erhebliche Anstrengung zur Weiterentwicklung des Denkens der Lehrkräfte über guten Unterricht nötig [37,38].

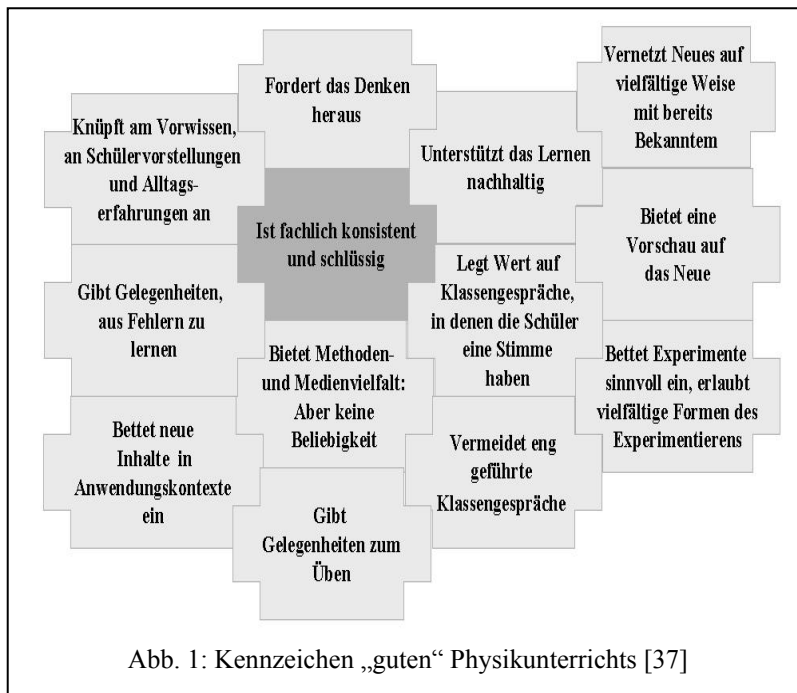
7. Initiativen zur Verbesserung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts in Deutschland

Es gibt eine kaum noch überschaubare Anzahl von Initiativen. Abb. 2 gibt eine Übersicht.

Die deutsche Forschungsgemeinschaft hat von Mai 2000 bis 2006 das Schwerpunktprogramm „BiQua“ (Bildungsqualität von Unterricht) gefördert⁴. Die rund 30 Vorhaben sollen Bedingungen zur Verbesserung des Unterrichts – insbesondere des Unterrichts in Mathematik und in den Naturwissenschaften - untersuchen [39]. Alle Vorhaben sind aufgefördert, die sich aus den Forschungsergebnissen ergebenden Konsequenzen für die Verbesserung des Unterrichts in „Interventionsstudien“ zu evaluieren. In der Regel arbeiten Erziehungswissenschaftler und Psychologen mit Fachdidaktikern eng zusammen.

Für die Verbesserung des Physikunterrichts sind insbesondere die folgenden Studien wichtig: (a) Zum Wissenschaftsverständnis von Grundschulkindern und Lehrkräften der Grundschule [40]; (b) zum Verstehen von Physik im Sachunterricht der Grundschule [41]; (c) die oben vorgestellte Videostudie des IPN zum Physikunterricht [42]; (d) eine Videostudie des nwu Essen zum Physikunterricht [43]; und die Entwicklung eines fachdidaktischen Coaching für Physiklehrkräfte [44].

⁴ <http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/biqua/>



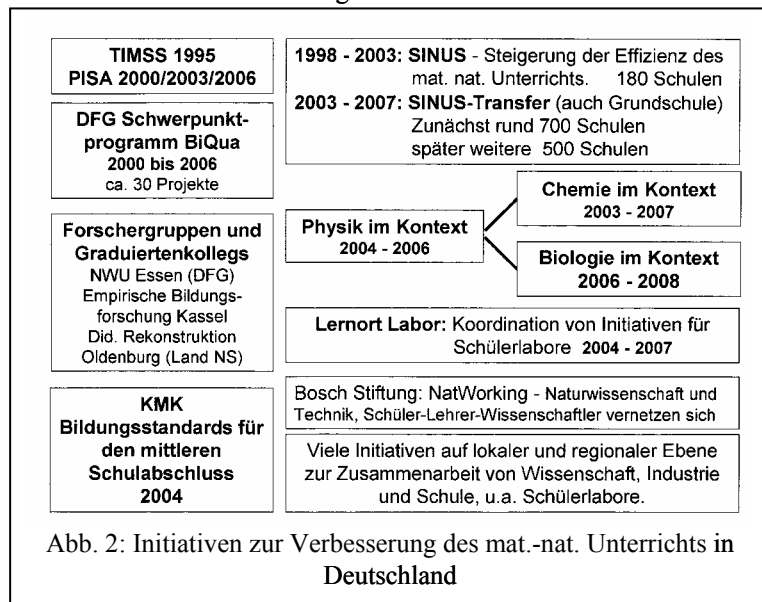
In einer Reihe von Forschergruppen und Graduiertenkollegs arbeiten Fachdidaktik und Erziehungswissenschaft / Psychologie ebenfalls sehr eng zusammen, um den fachlichen Unterricht weiter zu entwickeln, wie bei den genannten Arbeitsgruppen in Essen⁵, Kassel und Oldenburg⁶. Zweifellos hat die empirische naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lern-Forschung seit Ende der 1990er

haben „Lernort Labor“ spielen empirische Untersuchungen zum Lehren und Lernen eine wichtige Rolle, wie weiter unten näher erläutert wird.

Mit dem von der Bosch-Stiftung geförderten Programm „*NatWorking – Naturwissenschaften und Technik: Schüler, Lehrer und Wissenschaftler vernetzen sich*“ soll die Neugier der Schülerinnen und Schüler für Naturwissenschaften und Technik geweckt werden. Gefördert werden Aktivitäten wie Praktika für Schüler und Lehrer in den Labors der Forscher, Sommerschulen, Schülerkongresse oder spielerische Praxisprojekte in der Freizeit.⁷

Es gibt eine Vielzahl weiterer Aktivitäten, die hier im Einzelnen nicht aufgeführt werden können. Die Hochschulen bemühen sich zum Beispiel durch Veranstaltungen wie „Saturday Morning Physics“ oder „Kinderuniversitäten“ darum, Begeisterung bzw. Interesse für das Fach Physik zu wecken. Auch weitere „Science Centres“, die unterhaltend über Naturwissenschaften informieren, entstehen an einer Reihe von Orten.

Die wichtigsten der in Abb. 2 aufgeführten Initiativen werden im folgenden ausführlicher diskutiert.



8. SINUS und SINUS-Transfer

Das pädagogische Konzept des BLK Modellversuchsprogramms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (SINUS) ist bereits vorgestellt worden. Nach Abschluss der fünfjährigen Laufzeit des Programms im Jahre 2003 wird das pädagogische Konzept nun an weiteren 700 Schulen und schließlich an zusätzlichen 500 Schulen erprobt (SINUS-Transfer⁸). Seit August 2004 läuft auch eine Adaptation des SINUS Programms für die Grundschule (SINUS-Transfer Grundschule⁹). Diese Ergänzung soll dazu beitragen, dass mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung früh beginnt und bruchlos in der Sekundarstufe I, aufbauend auf dem in der Grundschule gelegten Fundament, fortgesetzt werden kann.

Jahre in Deutschland eine viel größere Bedeutung erhalten als vorher. Auch in den von der BLK geförderten Programmen SINUS und SINUS - Transfer, in den vom BMBF getragenen „Kontext-Projekten“ sowie dem ebenfalls vom BMBF geförderten Vor-

⁵ <http://www.uni-essen.de/nwu>

⁶ <http://www.diz.uni-oldenburg.de/forschung/Prodid.htm>

⁷ <http://www.bosch-stiftung.de/natworking/>

⁸ <http://www.sinus-transfer.de/>

⁹ <http://www.sinus-grundschule.de/>

Die SINUS - Programme gehen von der Einsicht aus, dass Qualitätsentwicklung des Unterrichts nur durch systematische weitere Professionalisierung der Lehrkräfte erreicht werden kann. Diese Professionalisierung aber lässt sich nicht durch kurzfristige „Interventionen“ erzielen, sondern nur durch langfristige, kontinuierliche Arbeit, die Reflexion der bisherigen Überzeugungen und Routinen einschließt [45]. Eine wichtige Rolle in diesem Prozess der langfristigen Professionalisierung spielt die Kooperation mit Kolleginnen und Kollegen. Es gilt, dem offenbar weit verbreiteten „Lehrerindividualismus“ [5] entgegen zu wirken.

Es wurden 30 Schulsets in allen Bundesländern gegründet, insgesamt nahmen 180 Schulen am Programm SINUS teil. Die Sets wählten sich ein Modul, mit dem sie sich zunächst intensiv beschäftigen wollten. Set-Koordinatoren sorgten dafür, dass die pädagogischen Ziele nicht aus dem Auge verloren wurden und dass der aktuelle Erkenntnisstand der Fachdidaktiken berücksichtigt wurde. Der Forschungsstand zu den Modulen wurde in umfangreichen Papieren von Fachdidaktikern, Erziehungswissenschaftlern und Psychologen zusammengefasst und den Teilnehmern am SINUS Programm zur Verfügung gestellt.

Hat sich dieses Vorgehen bewährt? Zunächst ist festzuhalten, dass das pädagogische Konzept, das mit den oben genannten 11 Modulen gekennzeichnet werden kann, in der Diskussion um die Verbesserung des math.-naturwissenschaftlichen Unterrichts zu *der* Referenzposition in der Diskussion um die Verbesserung der Qualität des Unterrichts und der weiteren nachdrücklichen Entwicklung der mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundbildung geworden ist.

Begleitende Forschung zur Akzeptanz des Programms hat – bei den meisten Teilnehmern – eine hohe Zustimmung zum pädagogischen Konzept ergeben [46].

Leider aber weiß man recht wenig darüber, warum das Programm in einigen Sets sehr erfolgreich lief, in anderen aber Schwierigkeiten bereitete. Auch sind die Erkenntnisse über die Änderung des Denkens der teilnehmenden Lehrkräfte über guten Unterricht und zu Änderungen ihres Unterrichts ausgesprochen spärlich.

Um langfristige Wirkungen des Programms beurteilen zu können, waren die 180 „SINUS-Schulen“ Teil der deutschen Zusatzpopulation der internationalen PISA Studien 2000 und 2003. Dadurch lassen sich nun die folgenden Fragen beantworten:

- Inwieweit unterscheiden sich die Lehrkräfte aus SINUS-Schulen von Kolleginnen und Kollegen aus der gesamten PISA-Stichprobe in der praktizierten Kooperation und Qualitätsentwicklung auf Schulebene?
- Wie nehmen Schülerinnen und Schüler an SINUS-Schulen den Unterricht in ihrer Klasse wahr?

- Welche Ergebnisse zeigen sich an SINUS-Schulen im Vergleich zu den anderen Schulen hinsichtlich Kompetenzen und motivationalen Orientierungen (wie Interesse)?

Leider liegen bisher nur Ergebnisse dieser Untersuchung zum Mathematikunterricht vor [47]. Kurz zusammengefasst gibt es signifikante Unterschiede zwischen den SINUS-Schulen und den anderen an der PISA Zusatzerhebung teilnehmenden Schulen. Allerdings sind die Effektstärken relativ klein. Weiterhin gilt dies nur für Hauptschulen, Schulen mit mehreren Schularten und integrierte Gesamtschulen. Dort allerdings sind Kooperation der Lehrkräfte und Bemühungen um Qualitätsentwicklung häufiger als in den anderen Schulen, die Schülerinnen und Schüler nehmen dort im höheren Ausmaß kognitiv aktivierende Aufgaben wahr und ihr mathematikbezogenes Interesse ist größer. All dies gilt für die Gymnasien nicht.

Zusammenfassend betrachtet, scheinen die Belege für die Wirksamkeit des SINUS Programms auf der Ebene der Schulen relativ bescheiden zu sein. Zu berücksichtigen ist dabei aber, dass Änderungen von Sichtweisen der Lehrkräfte über ihren Unterricht und ihres unterrichtlichen Verhaltens lange Zeit in Anspruch nehmen. Dass sich bei den Gymnasien keine Unterschiede zur Vergleichsgruppe gezeigt haben, erklären die Autoren der hier referierten Studie damit, dass „unter Umständen hier bestimmte „gymnasiale Traditionen“, die noch stärker mit einem Bild der Lehrkraft als individuell agierendem Fachexperten verbunden sind“ (p. 558) wirken [47].

9. Physik im Kontext

Dieses Programm wird seit Dezember 2003 vom Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) durchgeführt¹⁰ [48]. Das Programm wird vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) bis Ende 2006 gefördert. Fachdidaktiker arbeiten gemeinsam mit Lehrkräften an der Entwicklung neuer Konzepte und Materialien für den Physikunterricht.

Zur Zeit sind rund 160 Lehrkräfte in 15 Schulsets aus 11 Bundesländern am Programm beteiligt. Ganz ähnlich wie beim oben beschriebenen SINUS Programm spielt die Kooperation der Lehrkräfte untereinander eine wichtige Rolle. Anders als bei SINUS allerdings ist, dass ein Mitglied des piko Teams ein Set sehr intensiv betreut. Es wird eine „symbiotische“¹¹ Zusammenarbeit zwischen Schulpraxis und

¹⁰ *Das piko Team des IPN:* Thorsten Bell, Reinders Duit, Manfred Euler, Gunnar Friege, Michael Komorek, Silke Mikelskis-Seifert, Christoph T. Wodzinski
Kooperationspartner: Raimund Girwidz, Peter Reinhold, Lutz-Helmut Schön, Rita Wodzinski.
www.physik-im-kontext.de

¹¹ Dieser Terminus und die damit verbundene Idee der engen Kooperation wurde vom „Schwesterprojekt“

Fachdidaktik angestrebt. Durch die gemeinsame Arbeit an neuen Unterrichtskonzepten und Lehr-Lern-Materialien soll sich das fachdidaktische Denken über guten Unterricht auf Seiten der Lehrkräfte und damit auch ihr Unterrichtsverhalten Schritt für Schritt weiter entwickeln. Von Seiten der Fachdidaktik wird dieser Prozess behutsam unterstützt. Workshops, in denen auch video-dokumentierte Szenen aus dem Physikunterricht diskutiert werden, sollen das Nachdenken über den eigenen Unterricht anregen. So genannte piko-Briefe fassen den Forschungsstand der Fachdidaktik zu wichtigen Aspekten kurz zusammen. So gibt es einen piko-Brief zu „Schülvorstellungen und Lernen von Physik“ [49], in dem der aktuelle Stand der Forschung zum Lernen von Physik zusammengefasst wird. Das Programm orientiert sich an den Kennzeichen guten Physikunterrichts, die in den vorangegangenen Abschnitten vorgestellt worden sind sowie an den Defiziten der aktuellen Praxis des Unterrichts, die sich zum Beispiel in der Videostudie Physik gezeigt haben.

Drei Leitlinien bestimmen die Arbeit:

- (1) Entwicklung einer neuen Lehr-Lern-Kultur
- (2) Förderung des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens
- (3) Integration von Themen aus den Bereichen der modernen Physik und moderne Technologien

Ziel ist es zunächst, in gemeinsamer Arbeit mit den Lehrkräften eine Lehr-Lern-Kultur zu entwickeln, die der im SINUS Programm propagierten entspricht. Orientierungspunkte für diese Arbeit liefern vor allem die Kennzeichen „guten“ Unterrichts, die in Abb. 1 vorgestellt worden sind.

Die beiden anderen Leitlinien beziehen sich auf „inhaltliche“ Defizite des aktuellen Physikunterrichts. Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen spielen im Physikunterricht – jedenfalls in der Sekundarstufe I – bisher kaum eine Rolle. Schwerpunkt der Arbeit ist die Abstimmung der eng miteinander vernetzten Denk- und Arbeitsweisen. Dabei wiederum spielt die enge Wechselwirkung von Experimentieren und Modellieren eine besondere Rolle. Wie Leitlinie 1 (Lehr-Lern-Kultur) so ist auch die Förderung naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens für die Arbeit in allen Schulsets verpflichtend.

Das gilt nicht in gleicher Weise für die Leitlinie 3. Sie bezieht sich auf die gewisse Einseitigkeit des Physikunterrichts – insbesondere in der Sekundarstufe I – sich weitgehend auf physikalische Inhalte zu beschränken, die bis zum Ende des 19. Jahrhunderts bereits bekannt waren und modernen Technologien (wie zum Beispiel Nanotechnologie) nur wenig Raum zu geben. Damit wird – im Rahmen der naturwissenschaftlichen Grundbildung – ein Bild

von der Physik vermittelt, das heute nicht mehr zutrifft (vgl. die diesbezügliche Argumentation von Peter Labudde im Abschnitt 4).

Physik im Kontext – der Name ist Programm. Es werden die folgenden drei Arten von Kontexten unterschieden:¹²

- *Thematische Kontexte.* Hier geht es um die Einbettung der Inhalte in „sinnstiftende“ Kontexte [50], wie lebensweltliche Fragestellungen aus Alltag, Technik und Gesellschaft.
- *Kontext Lernumgebung.* Während die Einbettung in sinnstiftende thematische Kontexte eine Identifikation der Lernenden mit dem zu lernenden Wissen erlaubt, steht hier die systematische Unterstützung des Lernens durch die in Leitlinie 1 beschriebene Lehr-Lern-Kultur im Mittelpunkt.
- *Außerschulische Kontexte.* Die Berücksichtigung außerschulischer Lernorte soll die Lebensnähe des Lernens von Physik in der Schule verstärken. Hier bietet sich ein breites Spektrum außerschulischen Lernens an, z.B. in Laboren (s. den nachfolgenden Abschnitt), Science Centres oder Wettbewerben aber auch in nicht institutionalisierten Arrangements wie z. B. in der Freizeit oder beim Sport.

Der Schwerpunkt der Arbeiten liegt im Bereich des Physikunterrichts der Sekundarstufe I. Es geht also vor allem darum, die naturwissenschaftliche Grundbildung der Schülerinnen und Schüler, die nach Abschluss dieser Schulstufe nicht mehr mit dem Fach zu tun haben, zu entwickeln. Alle Schularten nehmen am Programm teil. Ein besonderes Augenmerk ist auf den Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe I gerichtet. Dies geschieht aus zwei Gründen. Zum einen soll systematisch an den auf der Grundschule (und ggf. auch in vorschulischen Einrichtungen) gelegten inhaltlichen Grundlagen angeknüpft werden. Zum anderen ist der Übergang von der Grundschule in die Sekundarstufe I für viele Schülerinnen und Schüler ein Eintritt in eine ganz andere Lehr-Lern-Kultur. Während eigenständiges Arbeiten in eher offenen Lernumgebungen in der Grundschule eine wichtige Rolle spielt, ist dies in der Sekundarstufe I – zumindest im Physikunterricht – häufig nicht der Fall. Der Blick in die Lehr-Lern-Kultur der Grundschule kann helfen, die mit Leitlinie 1 gemeinte neue Lehr-Lern-Kultur zu entwickeln.

Die Arbeit in den Schulsets wird sorgfältig evaluiert. Die formative Evaluation, die sich auf die nachdrückliche Förderung der aktuellen Arbeit in den Set bezieht, baut vor allem auf Beobachtungen der

Chemie im Kontext (http://www.ipn.uni-kiel.de/abt_chemie/chik.html) übernommen.

¹² Der Kontextbegriff wird im Zusammenhang mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht mit verschiedenen Akzentsetzungen verwendet (s. den Band einer Tagung zu „Context based learning of science“ [51]). Dabei wird in der Regel ein besonderer Akzent auf den Aspekt, der hier „Thematische Kontexte“ genannt wird, gelegt.

Fachdidaktiker in den Sets und Berichten der Lehrkräfte auf.

Die summative Evaluation, die längerfristige Wirkungen der Arbeit auf Lehrer- wie Schülerseite erfassen soll, basiert auf den Daten von Fragebögen und Interviews. Die Schülerinnen und Schüler füllen am Beginn und Ende eines Schuljahres einen Fragebogen aus. Darin geht es einerseits um die Entwicklung von affektiven Variablen wie Interesse, Selbstkonzept und Kompetenzerleben während des Schuljahres. Andererseits schätzen die Schüler ihren Unterricht ein. Damit stehen Informationen zur Verfügung, ob sich der Unterricht der Lehrkraft, die am Programm teilgenommen hat, verändert hat. In den einzelnen Set kommen Fragebögen hinzu, die über das Erlernen der behandelten Inhalte Auskunft geben. Auf Lehrerseite ist ebenfalls am Beginn und Ende ein Fragebogen auszufüllen, der über die Entwicklung ihrer Vorstellungen zum Lernen von Physik und ihres Bildes von der Wissenschaft Physik Auskunft gibt. Weiterhin werden sie gebeten, Veränderungen ihres Unterrichts einzuschätzen. Zusätzlich wird den Lehrkräften im Verlaufe der Arbeit ein kurzer Fragebogen zu ihrer Akzeptanz des Programms vorgelegt. Schließlich wird rund ein Drittel der beteiligten Lehrkräfte in einem Interview zu ihren Erfahrungen mit dem Programm befragt.

Erste Auswertungen zeigen durchaus ermutigende Ergebnisse [52]. Im Schulset Brandenburg wurde beispielsweise Unterricht zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen in den Klassenstufen 5 und 6 entwickelt (mit einem Schwerpunkt auf der Wechselwirkung von Modellieren und Experimentieren), der viel Raum für eigenständiges Arbeiten lässt. Während in einer Kontrollgruppe Interesse, Selbstkonzept und Kompetenzerleben im Verlaufe des Schuljahres signifikant abnehmen, ist dies bei der piko Gruppe nicht der Fall. Es muss noch geprüft werden, ob sich in den anderen Schulsets entsprechende positive Wirkungen zeigen.

Auf Lehrerseite konnten die Fragebögen, die vor und nach dem Schuljahr auszufüllen waren, noch nicht ausgewertet werden. Erste Ergebnisse zu den Akzeptanzfragebögen zeigen, dass die Lehrkräfte, die Arbeit in der Regel als persönlich nützlich empfinden, der Zusammenarbeit mit anderen Kollegen und Fachdidaktikern große Bedeutung beimessen und häufig der Meinung sind, nicht nur ihr piko Unterricht, sondern ihr Unterricht insgesamt, habe sich verändert.

Die bisher geführten Interviews signalisieren aber auch, dass die vom Programm angestrebte Entwicklung des fachdidaktischen Denkens über guten Unterricht ein schwieriger und langfristiger Prozess ist. Es gibt große Unterschiede, inwieweit sich Lehrkräfte auf diesen Prozess einlassen. Bei einigen Lehrkräften steht offenbar auch nach einem Jahr Mitarbeit am Programm der fachliche Inhalt im Mittelpunkt, nicht das Lernen des Schülers. Man schätzt

am Programm dann die Kooperation mit anderen – vor allem auch in fachlicher Hinsicht.

10. Lernort Labor

Forschungseinrichtungen, Universitäten und Industrie haben in den vergangenen Jahren „Schülerlabore“ eingerichtet, die von Schulklassen und ihren jeweiligen Lehrkräften für einige Stunden besucht werden können. Dies ist ein Versuch, durch ein außerschulisches Angebot zur Verbesserung der naturwissenschaftlichen Grundbildung beizutragen. In den meisten dieser Labore bemüht man sich, Experimente anzubieten, die in der Schule in der Regel nicht vorhanden sind oder dort nicht durchgeführt werden können. Bei vielen dieser Experimente wird mit Geräten gearbeitet, die auch in der aktuellen Forschung eingesetzt werden. Diese Experimente und die Angliederung an eine Forschungseinrichtung erlauben es, den Schülerinnen und Schülern einen Einblick in „authentische“ Forschung zu geben (s. die Übersicht über die Arbeit solcher Labore in [53]).

Ein Workshop zu solchen Initiativen im Jahre 2001 [54] hat den Anstoß gegeben, ein Vorhaben zu planen, die Arbeit der verschiedenen Schülerlabore zu koordinieren und zu evaluieren. Seit 2004 läuft ein vom BMBF unterstütztes Vorhaben am IPN.¹³

Ziel der Schülerlabore ist es, (a) das Interesse und die Aufgeschlossenheit der Jugendlichen für Naturwissenschaften und Technik zu fördern, (b) selbständige Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlich-technischen Zusammengängen zu aktivieren, (c) ein zeitgemäßes Bild von Naturwissenschaften und Technik und ihrer Bedeutung für die Gesellschaft zu vermitteln und (d) Gelegenheiten zu schaffen, Tätigkeitsfelder und Berufsbilder im naturwissenschaftlich-technischen Bereich kennen zu lernen [55].

Eine erste vergleichende Studie der Arbeit in vier Laboren [56] hat gezeigt, dass sie von den Schülerinnen und Schülern sowie auch von den Lehrkräften gut angenommen werden. Dabei scheint die „Authentizität“ der Labore eine wichtige Rolle zu spielen. Schülerinnen und Schüler haben den Eindruck, dort etwas darüber zu erfahren, wie Forschung funktioniert. Interessant ist der Befund, dass es den Laboren offenbar gelingt, Schülerinnen und Schüler etwa gleichermaßen anzusprechen. Dieser Befund ist insofern bemerkenswert, als dies für den normalen Physikunterricht nicht gilt. Dort ist das Interesse der Mädchen immer deutlich geringer als das der Jungen [11]. Wichtig ist auch, dass das Interesse an Physik durch den Besuch nicht allein kurzfristig ansteigt. In einer zweiten Befragung nach einem Vierteljahr wird ein starker positiver Langzeiteffekt festgestellt. Die vorliegenden Erfahrungen und Befunde deuten also darauf hin, dass die relativ kurzen Besuche in den Laboren eine wichtige Ergänzung des normalen Unterrichts sein können. Dabei sind es offenbar

¹³ <http://www.lernort-labor.de/index.php>

weniger die angebotenen Experimente allein, die diesen Effekt bewirken, sondern deren Einbettung in eine Forschungseinrichtung, die das Gefühl gibt, dort etwas über richtige Physik oder richtige Naturwissenschaft zu erfahren.

Selbstverständlich gibt es noch eine Reihe von Defiziten der bisherigen Angebote in den Schülerlaboren. Sie sind bisher weitgehend auf Experimente abgestellt, die Schülerinnen und Schüler durchführen. Angebote zur Weiterbildung an die Lehrkräfte fehlen meist noch. Häufig werden die Besuche in den Laboren kaum vorbereitet und nachbereitet. Das Potential, das die Labore bieten, wird also noch nicht nachdrücklich genug ausgeschöpft.

11. Standards und Kerncurricula

Standards spielen in den bildungspolitischen Plänen der Länder zur Verbesserung der Grundbildung eine wichtige Rolle. Es wurde z.B. eigens das „Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB)“¹⁴ in Berlin gegründet, um nationale Bildungsstandards zu entwickeln und zu etablieren. Die KMK hat zunächst eine Expertise „Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards“ [57] in Auftrag gegeben und darauf aufbauend Standards für den „mittleren Schulabschluss“ (am Ende der Sekundarstufe I) u.a. für das Fach Physik entwickeln lassen [58]. Diese Standards beziehen sich auf den „output“ der Schule am Ende dieser Schulstufe. Es handelt sich um „Mindestanforderungen“, es wird festgelegt, über welche Kompetenzen die Schülerinnen und Schüler verfügen sollen. In welchem Ausmaß diese Mindestanforderungen erfüllt werden, soll mit speziell zu entwickelnden Test überprüft werden. Die Standards sollen einen Orientierungsrahmen für die Lehrplanarbeit (s. z.B. den Lehrplan für das Fach Physik in Berlin [59] und für die Arbeit in den Schulen bereitstellen.

Über diese Standards gibt es eine sehr intensive Debatte. Sie kann hier nicht im einzelnen diskutiert werden. Fachzeitschriften für die Praxis des Unterricht [60,61] haben ihre Leser mit den Standards und ihrer Rolle bei der Veränderung des Unterrichts informiert. Pädagogische Fachzeitschriften, wie die „Zeitschrift für Pädagogik“ widmen dem Thema Standards breiten Raum. Es finden sich u.a. Beiträge zur Bedeutung der Standards für die Verbesserung der Unterrichtsqualität [62] sowie Diskussionen zur Rolle der Standards für die Lehrerbildung [63]. Es wird sehr darauf ankommen, wie die Standards „umgesetzt“ werden und welche Konsequenzen auf Schulebene und auf Ebene der Schulaufsicht gezogen werden, wenn die Standardtests zeigen, dass der Standard an einer Schule bzw. in einer Klasse nicht erreicht worden ist.

Die Diskussion über Bildungsstandards wird ebenfalls auf internationaler Ebene intensiv geführt

(s. Hinweise auf Standards in anderen Ländern in [57,64]¹⁵).

Viele Länder verfügen bereits über langjährige Erfahrungen mit nationalen Bildungsstandards. Auf der Basis solcher Erfahrungen mit Standards in den USA ist zum Beispiel George de Boer [66] der Meinung, Standards sollten den Lehrkräften als Orientierungsmarken dienen, aber nicht zur Kontrolle der Lehrkräfte und Klassen verwendet werden (vgl. [67]).

Im Konzert der vielen Initiativen zur Verbesserung der naturwissenschaftlichen Grundbildung sind die von der KMK verabschiedeten Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss im Fach Physik als wichtiges und bemerkenswertes Dokument anzusehen. Das in den Standards vertretene Konzept des Beitrags des Faches Physik zur Grundbildung legt den Schwerpunkt auf die aktive Teilhabe des Individuums an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung. Die zu erzielende naturwissenschaftliche Grundbildung soll eine Orientierung in der durch Naturwissenschaft und Technik bestimmten Welt geben. Nicht das Verstehen der physikalischen Begriffe und Prinzipien allein wird betont, sondern auch Einsichten in naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen. Es werden die folgenden vier Kompetenzbereiche unterschieden:

- (1) *Fachwissen*. Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten, Gesetzmäßigkeiten kennen und Leitideen zuordnen.
- (2) *Erkenntnisgewinnung*. Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen.
- (3) *Kommunikation*. Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen.
- (4) *Bewertung*. Physikalische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten.

Damit liegt den Standards ein Konzept von naturwissenschaftlicher Grundbildung zugrunde, das den oben erwähnten inhaltlichen Einseitigkeiten des aktuellen Physikunterrichts Rechnung trägt. So gesehen, können die Standards den Prozess der Verbesserung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung durch Physikunterricht wirkungsvoll unterstützen. Allerdings beschreiben die Standards lediglich die zu erreichenden Kompetenzen. Wie sie zu erreichen sind, bleibt zunächst offen. Hier muss man auf die Konzepte guten Unterrichts zurückgreifen, die in den vorangegangenen Abschnitten vorgestellt worden sind.

Im engen Zusammenhang mit den Standards stehen so genannte „Kerncurricula“, die als unent-

¹⁴ <http://www.iqb.hu-berlin.de/>

¹⁵ Anfang des Jahres 2006 hat das IPN in Kiel eine internationale Tagung zur Rolle von Standards im naturwissenschaftlichen Unterricht organisiert [65]. Die Beiträge werden im Verlaufe des Jahres 2007 publiziert.

behrliches Minimum der Themen, Inhalte und Lehrformen der Schule zu verstehen sind [68]. Schecker, Fischer und Wiesner haben ein Kerncurriculum Physik für die gymnasiale Oberstufe liegt vorgelegt [69]. Die Anforderungen werden in Form von Kompetenzstufen für zentrale Inhaltsbereiche formuliert. Die ausführliche Fassung ihrer Expertise [70] begründet das Kerncurriculum auf der Basis eines umfassenden Konzeptes des Physikunterrichts in der gymnasialen Oberstufe, das sowohl die aktuelle Diskussion um die naturwissenschaftliche Grundbildung (scientific literacy) und die Bildungsstandards aufgreift sowie den Stand der Lehr-Lern-Forschung berücksichtigt.

12. Auf dem Wege zum Besseren?

Wie in der einleitenden „Kurzfassung“ dieses Beitrags festgestellt, gibt es zur Zeit einen beispiellosen „Boom“ an Initiativen zur Verbesserung der naturwissenschaftlichen Bildung in Deutschland. Ist von ihnen tatsächlich eine dauerhafte Verbesserung zu erwarten?

In PISA 2003 [40] haben deutsche Schülerinnen und Schüler signifikant besser abgeschnitten als drei Jahre vorher in PISA 2000. Sie sind ein paar „Rangplätze“ in der „Nationenwertung“ hinauf geklettert. Kann dies darauf zurück geführt werden, dass die eingeleiteten „Maßnahmen“ bereits wirken? Auszuschließen ist das sicher nicht. Aber man kann diesen zweifellos sehr erfreulichen Anstieg auch damit erklären, dass die intensive Diskussion über das mäßige Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler in TIMSS und PISA 2000 Eltern, Schüler und Lehrer „aufgerüttelt“ hat, Schule und auch die Tests ernst zu nehmen. Es könnte natürlich auch sein, dass die Schüler die besondere Art der PISA Aufgaben in Tests, die im Unterricht eingesetzt worden sind, kennen gelernt haben.

Sicher allerdings ist, dass es noch vieler weiterer Anstrengungen bedarf, um die Situation tiefgreifend zu ändern. Dabei bleibt der Schlüssel die weitere Professionalisierung der Lehrkräfte. Die oben diskutierten Begleituntersuchungen zum SINUS Programm und die Evaluation des Programms Physik im Kontext haben gezeigt, wie schwer es ist, eine Lehr-Lern-Kultur zu etablieren, die das Lernen der Schülerinnen und Schüler nachhaltig unterstützt. Das Denken vieler Lehrkräfte über guten Unterricht scheint nach wie vor sehr fachlich orientiert zu sein. Lehrerbildung und Lehrerweiterbildung sind weiterhin gefordert, die angehenden Lehrkräfte und die Lehrkräfte in der Praxis zu einem neuen, erweiterten Denken über den Unterricht zu führen und ihnen Wege zu einer neuen Praxis zu weisen.

Allerdings gibt es durchaus Gründe, optimistisch zu sein. Wie in den vorangegangenen Abschnitte dargelegt, gibt es ein verlässliches Forschungswissen zu Kennzeichen guten Unterrichts und es gibt viele Anregungen zu neuen Unterrichtsideen aus den verschiedenen Initiativen und der Arbeit der Physik-

didaktiker insgesamt. Auch über die Praxis des heutigen Unterricht als Ausgangspunkt der Bemühungen um Verbesserungen ist – wie oben skizziert – vieles bekannt. Gleiches gilt für die Forschung zur Lehrerbildung. Schließlich stimmt eine gerade erschienene Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft zum Lehramtsstudium Physik [72] optimistisch. Schließlich steht dort eine Sicht des Physikunterrichts im Zentrum, der auch in den diskutierten Bildungsstandards vertreten wird und es wird für eine Lehrerbildung plädiert, in der das Fachliche zugunsten des pädagogischen und didaktischen Bereiches etwas eingeschränkt wird.

Allerdings gibt es auch Anlässe für eine gewisse Skepsis. Dass etablierte Bildungssysteme sich nur sehr mühsam und langsam verändern lassen, muss hier nicht noch einmal betont werden. Vielmehr geht es um die Neuregelung der Zuständigkeit der Bundesländer für Bildungsfragen. Nach dem derzeitigen Stand wird es in Zukunft keine vom Bund unterstützten Modellversuchsprogramme wie SINUS, SINUS-Transfer, Physik im Kontext oder Lernort Labor mehr geben. Welche Rolle der Bund bei der Förderung von Bildungsforschung spielen wird, ist derzeit nur schwer abzusehen.

13. Literatur

- [1] Duit, R. (2002). Initiativen zur Verbesserung des Physikunterrichts – Reaktionen auf das mittelmäßige Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler in internationalen Vergleichsstudien. In V. Nordmeier, Hrsg., CD zur Frühjahrs-tagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Leipzig. Berlin: Lehmanns Media.
- [2] 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.
- [3] Fischler, H. (2005). Von der Wiederkehr des Lehrers in der Fachdidaktik. (pp. 75-87). In A. Wellensiek, M. Welzel & T. Nohl, Hrsg., *Didaktik der Naturwissenschaften – Quo Vadis?* Berlin: Logos Verlag.
- [4] Reinhold, P. (2004). Naturwissenschaftsdidaktische Forschung in der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 117-145.
- [5] Terhart, E. (2001). *Lehrerberuf und Lehrerbildung: Forschungsbefunde, Problemanalysen, Reformkonzepte*. Weinheim: Beltz.
- [6] 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>).
- [7] 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.
- [8] BMBF (2001). *TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht: Forschungsbefunde, Reforminitiativen, Praxisberichte und Video-Dokumente*. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- [9] Duit, R. (2006). *STCSE – Bibliography Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>).
- [10] Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual change – A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education* 25, 671-688.
- [11] 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.
- [12] Baker, D.R. (1998). Equity issues in science education. In B. Fraser & K. Tobin, Eds., *International handbook of science education* (pp. 869-895). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- [13] 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.
- [14] Fischer, H.E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Tiemann, R., & Wirt, J. (2005). Framework for empirical research on science teaching and learning. *Journal of Science Teacher Education*, 16, 309-349.
- [15] Duit, R., Niedderer, H., & Schecker, H. (2006). Chapter 22: Teaching physics. In S.K. Abell, & N.G. Lederman, Eds., *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum (im Druck).
- [16] Fraser, B. & Tobin, K., Eds. (1998). *International handbook of science education*: Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- [17] Abell, S.K. & Lederman, N.G., Eds. (2006). *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum (im Druck).
- [18] Labudde, P. (2001). Chancen für den Physikunterricht in der heutigen Zeit – Zehn Thesen zur physikalischen Bildung. *PLUS LUCIS*, 2/2001, 2-6.
- [19] Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Lehrke, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Müller, C., & Rimmele, R. (2002). "Jetzt bitte alle nach vorne schauen!" - Lehr-Lern-Skripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. *Unterrichtswissenschaft*, 30, 52-77.
- [20] 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.
- [21] Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., & Lehrke, M., Hrsg. (2003). *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“*. IPN Materialien. Kiel: IPN - Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- [22] Stigler, J.W., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, T., & Serrano, A. (1999). *The TIMSS Videotape Classroom Study: Methods and findings from an exploratory research project on eighth-grade mathematics instruction in Germany, Japan, and the United States*. Washington, D.C.: U.S: Department of Education.
- [23] Fischer, H., Reyer, T., Wirz, C., Bos, W., & Höllrich, N. (2002). Unterrichtserfolg und Lernerfolg im Physikunterricht. In M. Prenzel & J. Doll, Hrsg., *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft.
- [24] Fischer, H., Duit, R. & Labudde, P. (2005). Video-studies on the practice of lower secondary physics instruction in Germany and Switzerland - Design, theoretical frameworks, and a summary of major findings. In R. Pintó & D. Couso, Eds., *Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions of Research to Enhancing Students' Interests in Learning Science* (pp. 830-833). Barcelona, Spain: UAB.
- [25] Rimmele, R. (2003). *Videograph. Multimedia-Player für die Videoanalyse*. Kiel: IPN - Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/video/videostu.htm>).
- [26] Müller, C.T. & Duit, R. (2004). Die unterrichtliche Sachstruktur als Indikator für Lernerfolg – Analyse von Sachstrukturdiagrammen und ihr Bezug zu Leistungsergebnissen im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 146-160.
- [27] Duit, R. & Tesch, M. (2005). Thema und Variation – Von den vielen Möglichkeiten, Schülerinnen und Schüler mit dem elektrischen Stromkreis vertraut zu machen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 16, Heft 89, 4-8.
- [28] Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51-59.

- [29] Reyer, T. (2004). Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht – Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe. Berlin: Logos Verlag.
- [30] 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 (pp. 271-316). Opladen: Leske + Budrich.
- [31] Roth, K., Druker, S., Garnier, H., Chen, C., Kawanaka, T., Rasmussen, D., Trubacova, S., Warvi, D., Okamoto, Y., Gonzales, P., Stigler, J., & Gallimore, R. (2006). Teaching science in five countries: Results from the TIMSS 1999 Videostudy. Statistical Analysis Report. Washington, D.C.: NCES – National Centre for Educational Statistics.
- [32] Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28-54.
- [33] Harlen, W. (1999). Effective teaching of science – A review of research. Edinburgh: SCORE.
- [34] Duit, R. & Tesch, M. (2006). Eigenständiges Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht – Theorie, empirische Forschungsergebnisse, Unterrichtspraxis. Wissenschaftliche Fachtagung „Selbständiges Lernen im Fachunterricht“ der Kasseler Forschergruppe Empirische Bildungsforschung (Tagungsband in Vorbereitung).
- [35] Helmke, A. (2003). Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern. Seelze: Kallmeyer.
- [36] Meyer, H. (2004). Was ist guter Unterricht? Berlin: Cornelsen/Volk und Wissen.
- [37] Duit, R. & Wodzinski, C.T. (2006). Guten Unterricht planen – Kategorien fachdidaktischen Denkens bei der Planung von Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, Heft 92, Ausgabe 2/06, 9-11.
- [38] Fischler, H. (2006). Über den eigenen Unterricht nachdenken: Warum? Neue Perspektiven auf und für den Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, Heft 92, Ausgabe 2/06, 4-8.
- [39] Doll, J. & Prenzel, M. (2004). Das DFG-Schwerpunktprogramm „Bildungsqualität von Schule (BiQua): Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen“. In J. Doll & M. Prenzel, Hrsg., *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schulförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (pp. 9-23). Münster: Waxmann.
- [40] Günther, J., Grygier, P., Kircher, E. & Sodian, B. (2004). Studien zum Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften. In J. Doll & M. Prenzel, Hrsg., *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schulförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (pp. 93-113). Münster: Waxmann.
- [41] Hardy, I., Jonen, A., Möller, K., & Nicolai, N. (2004). Die Integration von Repräsentationsformen in den Sachunterricht der Grundschule. In J. Doll & M. Prenzel, Hrsg., *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schulförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (pp. 267-283). Münster: Waxmann.
- [42] Seidel, T. & Prenzel, M. (2004). Muster unterrichtlicher Aktivitäten im Physikunterricht. In J. Doll & M. Prenzel, Hrsg., *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schulförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (pp. 177-194). Münster: Waxmann.
- [43] Reyer, T., Trendel, G. & Fischer, H.E. (2004). Was kommt beim Schüler an? Lehrerintentionen und Schülerlernen im Physikunterricht. In J. Doll & M. Prenzel, Hrsg., *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schulförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (pp. 195-211). Münster: Waxmann.
- [44] Zedler, P., Fischler, H., Kirchner, S. & Schröder, H.J. (2004). Fachdidaktisches Coaching – Veränderungen von Lehrerkognitionen und unterrichtlichen Handlungsmustern. In J. Doll & M. Prenzel, Hrsg., *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schulförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (pp. 114-132). Münster: Waxmann.
- [45] Borko, H. (2004) Professional development and teacher learning: Mapping the terrain. *Educational Researcher*, 33, 3 –15.
- [46] Ostermeier, C. (2004). Kooperative Qualitätsentwicklung in Schulnetzwerken. Eine empirische Studie am Beispiel des BLK-Modellversuchsprogramms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (SINUS). Münster: Waxmann.
- [47] Prenzel, M., Carstensen, C.H., Senkbeil, M., Ostermeier, C., & Seidel, T. (2005). Wie schneiden SINUS-Schulen bei PISA ab? Ergebnisse der Evaluation eines Modellversuchsprogramms. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 8, 540-561.
- [48] Müller, C.T., Mikelskis-Seifert, S., Duit, R. & Euler, M. (2005). Physik im Kontext – Physik-

- unterricht auf neuen Wegen. In V. Nordmeier & A. Oberländer, Hrsg., *Didaktik der Physik – Berlin 2005*. CD zur Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Berlin: Lehmanns Media.
- [49] Duit, R. (2004). *Schülervorstellungen und Lernen von Physik*. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. (<http://www.uni-kiel.de/piko/index.php>).
- [50] Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen.
- [51] Nentwig, P. & Waddington, D., Eds. (2005). *Making it relevant: Context based learning of science*. Münster: Waxmann.
- [52] Mikelskis-Seifert, S., Müller, C.T., Duit, R., Kühnelt, H. & Stadler, H. (2005). *Programs on improving science instruction – Teacher professional development, Implementation strategies, and evaluation*. In R. Pintó & D. Couso, Eds., *Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions of Research to Enhancing Students' Interests in Learning Science* (pp. 928-944). Barcelona, Spain: UAB.
- [53] Euler, M., Hrsg. (2005). *Lernort Labor. Themenheft 6/05 der Zeitschrift Unterricht Physik*. Velber: Friedrich Verlag.
- [54] Ringelband, U., Prenzel, M., & Euler, M., Hrsg. (2001). *Lernort Labor – Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft*. IPN Materialien. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- [55] Engeln, K. & Euler, M. (2004). *Forschen statt Pauken – Aktives Lernen im Schülerlabor*. *Physik Journal*, 3 (11), 45-48.
- [56] Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: Authentische und aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Berlin: Logos.
- [57] Klieme, E. et al. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*. Bonn: BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (http://www.bmbf.de/pub/zur_entwicklung_nationaler_bildungsstandards.pdf).
- [58] KMK (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss*. Neuwied: Luchterhand.
- [59] *Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport* (2006). *Rahmenlehrplan für die Sekundarstufe I*. Berlin: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport.
- [60] Ralle, B., Hrsg. (2004). *Themenheft: Kerncurricula, Bildungsstandards, EPA*. MNU, 57, Heft 3.
- [61] Becker, G. et al., Hrsg. (2005). *Standards – Unterrichten zwischen Kompetenzen, zentralen Prüfungen und Vergleichsarbeiten*. Jahresheft. Velber: Friedrich Verlag.
- [62] Klieme, E. (2004). *Begründung, Implementierung und Wirkung von Bildungsstandards: Aktuelle Diskussionslinien und empirische Befunde – Einführung in den Thementeil*. *Zeitschrift für Pädagogik*, 50, 625-634.
- [63] Terhart, E. (2005). *Standards für die Lehrerbildung – ein Kommentar*. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51, 275-279.
- [64] Martini, R., Massar, T., & Kühnlenz, A. (2004). *Linktipps zum Thema Bildungsstandards*. *Zeitschrift für Pädagogik*, 50, 701-705.
- [65] Nentwig, P., Millar, R. et al. (2006). *International Symposium „Standards in Science Education“*. Die Beiträge der Tagung erscheinen im Jahre 2007 im Waxmann Verlag (Münster).
- [66] de Boer, G. (2000). *Scientific literacy: Another look at its history and contemporary meanings and its relationships to science education reform*. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 582-601.
- [67] Lederman, N.G. (2006). *Standards for science education in the United States: Necessary evil? Paper presented at the 3rd International IPN-UYSEG Science Education Symposium “Standards in Science Education”*. Kiel, February 2006.
- [68] Tenorth, E., Hrsg. (2004). *Kerncurriculum Oberstufe, Physik – Chemie – Biologie – Geschichte – Politik/Sozialkunde*. Weinheim: Beltz.
- [69] Fischer, E., Schecker, H., & Wiesner, H. (2004). *Kerncurriculum Physik*. MNU, 57, 147-154.
- [70] Fischer, E., Schecker, H., & Wiesner, H. (2004). *Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe*. In E. Tenorth, Hrsg., *Kerncurriculum Oberstufe, Physik – Chemie – Biologie – Geschichte – Politik/Sozialkunde* (pp. 148-234). Weinheim: Beltz.
- [71] Prenzel, M. et al., Hrsg. (2004). *PISA 2003 – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Zusammenfassung*. PISA-Konsortium Deutschland (http://pisa.ipn.uni-kiel.de/Ergebnisse_PISA_2003.pdf).
- [72] DPG (2006). *Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik. Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e.V.* März 2006. Bad Honnef: DPG (www.dpg-physik.de).