

Fischer, Hans E.; Reyer, Thomas ; Wirz, Christina ; Bos, Wilfried ; Höllrich, Nicole

Unterrichtsgestaltung und Lernerfolg im Physikunterricht

Prenzel, Manfred [Hrsg.]; Doll, Jörg [Hrsg.]: Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Weinheim : Beltz 2002, S. 124-138. - (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 45)

urn:nbn:de:0111-opus-39437

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ

<http://www.beltz.de>

Nutzungsbedingungen / conditions of use

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.
By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft
Informationszentrum (IZ) Bildung
Schloßstr. 29, D-60486 Frankfurt am Main
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Zeitschrift für Pädagogik · 45. Beiheft

Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen

Herausgegeben von Manfred Prenzel und Jörg Doll

Beltz Verlag · Weinheim und Basel

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder auf ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen oder sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopie hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte oder genützte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG Wort, Abteilung Wissenschaft, Goethestr. 49, 80336 München, von der die einzelnen Zahlungsmodalitäten zu erfragen sind.

© 2002 Beltz Verlag • Weinheim und Basel
Herstellung: Klaus Kaltenberg
Druck: Druckhaus »Thomas Müntzer«, Bad Langensalza
Printed in Germany
ISSN 0514-2717

Bestell-Nr. 41146

Inhaltsverzeichnis

<i>Jörg Doll/Manfred Prenzel</i> Einleitung in das Beiheft	9
Teil I:	
Unterrichtsforschung in Mathematik	
Förderung des mathematischen Verständnisses, Problemlösens und der Herausbildung zutreffender mathematischer Weltbilder von Schülerinnen und Schülern	31
<i>Kristina Reiss</i> Einleitung	32
<i>Christoph Wassner/Laura Martignon/Peter Sedlmeier</i> Die Bedeutung der Darbietungsform für das alltagsorientierte Lehren von Stochastik	35
<i>Kristina Reiss/Frank Hellmich/Joachim Thomas</i> Individuelle und schulische Bedingungsfaktoren für Argumentationen und Beweise im Mathematikunterricht	51
<i>Ingmar Hosenfeld/Andreas Helmke/Friedrich-Wilhelm Schrader</i> Diagnostische Kompetenz: Unterrichts- und lernrelevante Schülermerkmale und deren Einschätzung durch Lehrkräfte in der Unterrichtsstudie SALVE	65
<i>Rudolf vom Hofe/Reinhard Pekrun/Michael Kleine/Thomas Götz</i> Projekt zur Analyse der Leistungsentwicklung in Mathematik (PALMA). Konstruktion des Regensburger Mathematikleistungstests für 5.–10. Klassen	83

Teil II:

Lehrerexpertise und Unterrichtsmuster in Mathematik und Physik

Videografie von Unterrichtssequenzen in Mathematik und Physik: Diagnose, Analyse und Training erfolgreicher Unterrichtsskripts 101

Eckhard Klieme

Einleitung 102

Martina Diedrich/Claudia Thußbas/Eckhard Klieme

Professionelles Lehrerwissen und selbstberichtete Unterrichtspraxis im Fach Mathematik 107

Hans E. Fischer/Thomas Reyer/Tina Wirz/Wilfried Bos/Nicole Höllrich

Unterrichtsgestaltung und Lernerfolg im Physikunterricht 124

*Manfred Prenzel/Tina Seidel/Manfred Lehrke/Rolf Rimmele/Reinders Duit/
Manfred Euler/Helmut Geiser/Lore Hoffmann/Christoph Müller/Ari Widodo*

Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht – eine Videostudie 139

Helmut Fischler/Hans-Joachim Schröder/Cornelia Tönhäuser/Peter Zedler

Unterrichtsskripts und Lehrerexpertise: Bedingungen ihrer Modifikation 157

Teil III:

Entwicklung und Evaluation von Unterrichtsmodulen und Trainingsprogrammen

Schulische Lehr-Lernumgebungen und außerschulische Trainings zur Förderung fächerübergreifender Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern 173

Bernhard Schmitz

Einleitung 174

Kornelia Möller/Angela Jonen/Ilonca Hardy/Elsbeth Stern

Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung 176

Beate Sodian/Claudia Thoermer/Ernst Kircher/Patricia Grygier/Johannes Günther

Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule 192

<i>Elke Sumfleth/Elke Wild/Stefan Rumann/Josef Exeler</i> Wege zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung im Chemie- unterricht: kooperatives Problemlösen im schulischen und familialen Kontext zum Themenbereich Säure-Base	207
<i>Tina Gürtler/Franziska Perels/Bernhard Schmitz/Regina Bruder</i> Training zur Förderung selbstregulativer Fähigkeiten in Kombination mit Problemlösen in Mathematik	222
<i>Claudia Leopold/Detlev Leutner</i> Der Einsatz von Lernstrategien in einer konkreten Lernsituation bei Schülern unterschiedlicher Jahrgangsstufen	240
<i>Alexander Renkl/Silke Schworm</i> Lernen, mit Lösungsbeispielen zu lehren	259
Teil IV:	
Diagnose und Förderung von Interessen und Lernmotivation	
Förderung des Interesses und der Motivation von Schülerinnen und Schülern für mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer: Zum Einfluss schulischer und familiärer Lehr-Lernumgebungen	271
<i>Elke Wild</i> Einleitung	272
<i>Elke Wild/Katharina Remy</i> Quantität und Qualität der elterlichen Hausaufgabenbetreuung von Drittklässlern in Mathematik	276
<i>Annette Upmeyer zu Belzen/Helmut Vogt/Barbara Wieder/Franka Christen</i> Schulische und außerschulische Einflüsse auf die Entwicklungen von naturwissenschaftlichen Interessen bei Grundschulkindern	291
<i>Falko Rheinberg/Mirko Wendland</i> Veränderung der Lernmotivation in Mathematik: eine Komponentenanalyse auf der Sekundarstufe I	308

**Teil V:
Einstellungen und Werte als förderliche oder hinderliche Bedingungen
schulischer Leistungsfähigkeit**

Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer als Einstellungsobjekte: Einflüsse
von Makro- und Mesoebene auf die Einstellungsbildung 321

Bettina Hannover

Einleitung 322

Anna-Katharina Pelkner/Ralph Günther/Klaus Boehnke

Die Angst vor sozialer Ausgrenzung als leistungshemmender Faktor?

Zum Stellenwert guter mathematischer Schulleistungen unter Gleichaltrigen 326

Bettina Hannover/Ursula Kessels

Challenge the science stereotype! Der Einfluss von Technik-Freizeitkursen auf das

Naturwissenschaften-Stereotyp von Schülerinnen und Schülern 341

Juliane Strecker/Peter Noack

Wichtigkeit und Nützlichkeit von Mathematik aus Schülersicht 359

**Teil VI:
Schulforschung**

Evaluation und Feedback auf Klassen- und Schulebene 373

Hartmut Ditton/Bettina Arnoldt/Eva Bornemann

Entwicklung und Implementation eines extern unterstützenden Systems der

Qualitätssicherung an Schulen – QuaSSu 374

Hans E. Fischer/Thomas Reyer/Christina Wirz/Wilfried Bos/Nicole Höllrich

Unterrichtsgestaltung und Lernerfolg im Physikunterricht¹

1. Theoretische Grundlagen

Bereits TIMSS hat gezeigt, dass die Physikleistungen der Schülerinnen und Schüler in der deutschen Sekundarstufe I nicht den gesellschaftlichen Erwartungen entsprechen. Sie bleiben weit hinter den Lehrplananforderungen der einzelnen Bundesländer zurück: Zum Beispiel verfügen 20% der Schülerinnen und Schüler am Ende des achten Jahrgangs noch nicht einmal über physikalisches Wissen auf Grundschulniveau, nur 25% zeigen ein beginnendes Verständnis von naturwissenschaftlichen Konzepten und Verfahren (Baumert u.a. 1997).

Im Kontext internationaler Vergleiche spielen die Begriffe „Scientific-Literacy“ und „naturwissenschaftliches Arbeiten“ eine besondere Rolle (Fischer 1998). Über rein fachliche Kompetenz hinaus sollen Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt werden, gesellschaftlich relevante Diskussionen über fachtypische Themen zu verstehen und eventuell sogar mitzugestalten (DeBoer/Bybee 1995), um als autonome Persönlichkeit am gesellschaftlichen Leben teilnehmen zu können. Roth (1997) postuliert sogar, dass nur Diskurs ermöglichende Lernumgebungen sich überhaupt positiv auf Physiklernen auswirken.

Scientific-Literacy ist, trotz seiner grundlegenden Schwäche bezüglich der Evaluation, in den USA zu einem zentralen Erziehungsziel in den naturwissenschaftlichen Fächern geworden. Unter anderem die „American Association for the Advancement of Science“ (1989), die „Biological Science Curriculum Study“ (1990) und die „National Science Teacher Association“ (1990) geben Scientific-Literacy sogar explizit als notwendig an, um sich in der zukünftigen Gesellschaft zurechtzufinden und diese weiterzuentwickeln (siehe auch Gräber/Bolte 1997; Millar 1996; Miller 1997).

Die Befunde von TIMSS und die skizzierten Ansprüchen an Physikunterricht legen deshalb die Forschungsfrage nahe: Wie muss Unterricht organisiert sein, damit gemeinsames Handeln, Sprechen über naturwissenschaftliche Inhalte in sozialen Kontexten und das Lösen von Problemen auf der Basis der hierzu notwendigen physikalischen Modelle und Arbeitsweisen gelernt werden kann? Wie muss Unterricht strukturiert sein, damit Schülerlernen im Gesamttablauf optimal ermöglicht und zudem das beabsichtigte Lernergebnis effizient erreicht wird? Lehrerzentrierter Unterricht kann Schülerinnen und Schülern nur sehr begrenzt die Möglichkeit geben, die Tragweite eigener

1 Die Studie wurde gefördert durch Mittel der DFG (FI 477/12-1) im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms BIQUA.

Ideen auszuloten – aber auch die bisherige Praxis des schülerorientierten Experimentalunterrichts scheint das skizzierte Problem nicht lösen zu können. Nach Lunetta (1998) ist er ähnlich unwirksam wie lehrerzentrierter Unterricht, da in ihm hauptsächlich Handlungsschritte nach Art eines Kochrezeptes abgearbeitet werden. Es muss daher geprüft werden, welche Aspekte von Unterricht als Operationalisierung von Unterrichtsqualität in Frage kommen und nachweisbar lernförderlich sind.

Einen Ansatz für eine zunächst fachunabhängige Beurteilung von Unterrichtsverläufen und -strategien bieten die so genannten Basismodelle von Oser/Patry (1990). Sie gehen davon aus, dass Lehrerinnen und Lehrer ihre Unterrichtshandlungen nach wenigen von den Autoren formulierten Basismodellen strukturieren können und sollen, um effizient bestimmte Typen von Lehrzielen zu verfolgen. Die TIMS-Videostudie (Baumert u.a. 1997) lässt vermuten, dass in der gegenwärtigen Praxis des Mathematikunterrichts nur wenige Lehrzieltypen stereotyp verfolgt werden. Es sind deshalb immer ähnliche Schemata zur Handlungsregulation oder, nach Oser und Patry, ähnliche Choreografien zu beobachten.

In diesem Projekt wird für die Analyse der Sichtstruktur dennoch vom TIMSS-Konzept (wie auch vom Biqua-Projekt vom IPN Kiel, vgl. Prenzel et al. in diesem Band) ausgegangen, aber entsprechend der Bedingungen für Physikunterricht adaptiert und ergänzt durch eine allgemeine Einschätzung der Unterrichtsqualität wie sie von Clausen (2000) zusammengestellt worden ist. Eine Kategorisierung der Unterrichtsaufnahmen auf einer oberflächlichen Ebene ermöglicht eine Unterrichtsbeschreibung vergleichbar mit der TIMS-Videostudie. Hiermit wird zunächst eine Arbeit nachgeholt, die TIMSS bisher nur für den Mathematikunterricht geleistet hat, nämlich eine Bestandsaufnahme von Physikunterricht (hier in der gymnasialen Sekundarstufe I). Die im Physikunterricht gebräuchlichen Skripte sind bisher noch nicht empirisch untersucht (Klime/Schecker 2001).

Aus dem Ansatz der Basismodelle lässt sich für das Wirken von Unterricht schlussfolgern, dass Sichtstrukturen zwar Merkmale liefern, nach denen sich Unterricht typisieren lässt – sie aber nicht in der Lage sind, die Schülerleistungen hinreichend zu erklären. Hingegen scheinen weniger sichtbare, hoch-inferente Merkmale des Unterrichts und seiner Abläufe für die Lernhandlungen der Schülerinnen und Schüler und für ihre Leistungen entscheidend zu sein. Die Tiefenstruktur wird in diesem Projekt auf zwei Ebenen analysiert, der Lehrerebene und der Schülerebene. Zur Einschätzung der Wirksamkeit der Lehrerhandlungen ist nicht nur eine Leistungsmessung bei den Schülerinnen und Schülern nötig, sondern, da es auch um naturwissenschaftliches Arbeiten und physikalische Konzepte als Lehrziel geht, zusätzlich die Einschätzung der konzeptuellen Entwicklung und der spezifischen Kompetenzen.

Für die Tiefenstruktur wurde das folgende Modell entwickelt: Nach Oser/Patry (1990) werden Lehrerkonzepte als Basiskonzepte theoretisch beschrieben und expliziert. Es wird erwartet, dass es entsprechende Basiskonzepte der Lehrerinnen und Lehrer gibt, die ihre Handlungen latent beeinflussen, nur ist es bisher unklar, wie sich die daraus zu entwickelnden Choreographien auf die Lernhandlungen und die Lernerfolge der Schülerinnen und Schüler auswirken.

Wir gehen davon aus, dass Unterricht, der entlang der Basismodelle geplant und durchgeführt wird, zu besseren Leistungen der Schülerinnen und Schüler führt. Für den Physikunterricht ist danach anzunehmen, dass inhaltlich verschiedene Unterrichtsabschnitte, z.B. die Erarbeitung eines neuen physikalischen Konzepts oder das Einüben eines mathematischen Verfahrens zur Darstellung von Messwerten, eine ähnliche Sichtstruktur ergeben können, obwohl ihnen unterschiedliche Tiefenstrukturen zuzuordnen sind. Von unterschiedlichen Lehrerinnen oder Lehrern erteilter Unterricht zur Erarbeitung eines physikalischen Konzepts kann deshalb bei oberflächlicher Betrachtung (Sichtstruktur) ähnlich organisiert sein, aber dennoch unterschiedliche Intentionen der Unterrichtenden zum Ausdruck bringen.

Werden Basismodelle nach Oser als kognitive Schemata der Handlungsregulation aufgefasst, kann ihre Wirkung auf die Unterrichtsgestaltung durch Operationalisierung und Analyse der Lehrer- und Schülerhandlungen mit Hilfe der Analyse geeigneter videografiertter Unterrichtsszenen (Jacobs/Kawanaka/Stigler 1999) und die Auswirkung auf die Leistungen und das Interesse der Schülerinnen und Schüler durch entsprechende Tests untersucht werden. Um Aussagen über die Unterrichtsmechanismen zu erhalten, ist deshalb nicht nur zu erfassen, wie sich das Basiswissen der Lehrerinnen und Lehrer im Unterricht widerspiegelt, sondern auch, welche Reaktionen darauf bei den Schülerinnen und Schülern zu erkennen sind. So kann je nach den genutzten Basiskonzepten erklärt werden, dass trotz ähnlicher Sichtstruktur die Leistung und das Interesse der Schülerinnen und Schüler unterschiedlich beeinflusst werden.

Oser und Patry (Oser u.a. 1997) schlagen insgesamt zwölf Basismodelle vor, die für die Gestaltung schulischen Lernens relevant sind: 1) Lernen durch Eigenerfahrung/ entdeckendes Lernen, 2) Entwicklung als Ziel der Erziehung, 3) Problemlösendes Lernen, 4) Begriffs- und Konzeptbildung, 6) Lernen von Strategien, 7) Routinebildung und Training von Fertigkeiten, 8) Motilität, 9) Aufbau dynamischer Sozialbeziehungen, 10) Wert- und Identitätsaufbau, 11) Hypertextlernen, 12) Verhandeln Lernen.

Die den Basismodellen zugeordneten Kategorien sind in dieser Untersuchung unter Berücksichtigung der besonderen Bedingungen des Physikunterrichts entwickelt worden. Die Basismodellabhängigkeit des naturwissenschaftlichen Lernens sollte die unterschiedlichen Schülerleistungen nicht nur im generellen Leistungsvergleich (TIMSS-Scores), sondern auch bei einzelnen TIMSS-Aufgaben beeinflussen. Diese können mittels der Analyse differenzieller Itemfunktionen (DIF, vgl. Holland/Wainer 1993; Baumert/Klieme/Watermann 1999) – trotz einparametrisch raschskalierten Leistungswerte – auf tatsächlich auftretende Leistungsunterschiede zwischen bestimmten Personengruppen untersucht werden, sodass Hinweise auf ihre Basismodellabhängigkeit ermittelt werden können.

Nach Brouër (2001) deutet sich ein positiver Effekt von basismodellorientiertem Unterricht auf die Differenzierung der Unterrichtswahrnehmung durch die Schüler an. Eine entsprechende Interventionsstudie im Fach Deutsch macht deutlich, dass die Schülerinnen und Schüler in basismodellorientiertem Unterricht ihre eigenen Lernprozesse signifikant häufiger beschreiben können als Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe ohne Intervention. Eine größere Übereinstimmung zwischen vom Lehrer ange-

strebten und von den Schülern beschriebenen Lernschritten in der Versuchsgruppe kann allerdings nicht festgestellt werden. Die Leistungen der Gruppen sind nicht verglichen und die Untersuchung ist nur mit je einem Lehrer für die Kontroll- und die Vergleichsgruppe durchgeführt worden, die vorher kein besonderes Training hierfür absolvieren mussten; es ist deshalb bezüglich der Leistung eher von geringen Effektstärken auszugehen. Dennoch stützt die zitierte Untersuchung die Annahme, dass Basismodell-Unterricht, oder allgemeiner: geeignet strukturierte Lernverläufe, ihre Spuren im Lernergebnis hinterlassen. Es ist aber noch zu untersuchen, ob an Basismodellen orientierte Lehrerbildung bei Lehrern und Schülern im Physikunterricht, sowohl konzeptuell als auch auf Leistung bezogen, Effekte erkennen lässt.

Um diese Verknüpfung von Lehrerkonzepten, Unterrichtsstruktur und Schülerleistung empirisch zu untersuchen, bedarf es eines Ansatzes, der gleichzeitig Lehrervorstellungen, ihre handlungsleitenden Kognitionen, ihre Ausprägung im Unterricht und die damit in Zusammenhang stehenden Schülerhandlungen erfasst.

2. Hypothesen

Das dargestellte Forschungsanliegen legt keine geschlossene Theorie zu Grunde, die es nun zu testen gelte. Stattdessen sollen Wirkweisen von Physikunterricht exploriert werden. Hier besteht insbesondere folgender Klärungsbedarf:

- Bestandsaufnahme grundlegender Parameter und Erscheinungsformen des Physikunterrichts (niedrig- und hoch-inferente Daten), mit dem Ziel einer Beschreibung des Physikunterrichts nach TIMSS-Video.
- Identifizierung der Lehrervorstellungen und Basiskonzepte zur Handlungsregulation, Organisation und Gestaltung des Physikunterrichts.
- Identifizierung von lehrerabhängigen Mustern im Unterrichtsverlauf (Oberflächen- und Tiefenstruktur).
- Korrelation spezifischer Cluster von Basismodellen mit Lernerfolg und Interesse der Schülerinnen und Schüler.

Ziel der theoretischen Arbeit ist es, die oserschen Handlungsketten – empirisch belegt – neu zu formulieren und ein entsprechendes Analyseinstrument als Grundlage einer späteren Intervention und Implementation vorzubereiten. Darüber hinaus sollen Gestaltungsaspekte erfolgreichen Physikunterrichts benannt und Inhalt einer zielgerichteten Lehrerbildung werden. Die folgenden Hypothesen müssen hierzu bestätigt werden:

- Die Basismodelle von Oser lassen sich für Physikunterricht modifizieren.
- Einzelne Basismodelle lassen sich in „normalem“ Physikunterricht als Gestaltungs- und Handlungsgrundlage beobachten.
- Einzelne Unterrichtsmerkmale (Muster in Oberflächen- und Tiefenstruktur) korrelieren positiv mit dem Lernerfolg.
- Das Lernergebnis der Schülerinnen und Schüler lässt sich nur hinreichend unter Berücksichtigung der Unterrichtsmerkmale in der Tiefenstruktur (nicht nur in der Sichtstruktur) erklären.

Mit dieser Studie soll geklärt werden, welche Unterrichtsebenen auf das Schülerlernen wirken. Es werden Oberflächen- und Tiefenstrukturmerkmale berücksichtigt, um die längsschnittlich gemessenen Schülerleistungen begründet auf den Unterricht zurückzuführen. Auf der Seite der Lehrer wird untersucht, welche Basiskonzepte sich in der Gestaltung des normalen Physikunterrichts finden lassen, ob es typische Choreografien gibt und wie am naturwissenschaftlichen Arbeiten orientierte Basismodelle der Unterrichtenden mit der Leistung und dem Interesse der Schülerinnen und Schüler verknüpft sind. Hierzu werden in unterschiedlichen Inhaltsbereichen des Physikunterrichts (nach Lehrplan) pro Lehrer etwa zehn Unterrichtsstunden aus verschiedenen Unterrichtsphasen gefilmt. Diese längsschnittliche Verteilung der Aufnahmen über einen Zeitraum von drei Halbjahren soll erreichen, dass die Unterrichtsqualität zwischen den unterschiedlichen Klassen reliabel beurteilt werden kann.

3. Untersuchungsmethoden und Design

Die Datenbasis bilden im Querschnitt sechs Schulklassen (ca. 170 Schüler) an zwei Dortmunder Gymnasien. Die Studie ist längsschnittlich angelegt, um die Auswirkungen des Physikunterrichts isolieren zu können. Der Beobachtungszeitraum umfasst die nach Lehrplan üblichen Inhaltsbereiche (Elektrizität, geometrische Optik und Kraft) der Klassen Acht und Neun in Folge, um die Konstanz der Choreografie und eventuelle Änderungen über drei Halbjahre zu kontrollieren. Begonnen wurde die Untersuchung in der Klassenstufe Acht. Insgesamt sechs Lehrer (keine Lehrerin) führen ihren Unterricht nach Lehrplan durch. Zu vier Messzeitpunkten wird die Leistung durch TIMSS-Testhefte und zusätzliche inhaltsbezogene Tests gemessen, und die Interessenentwicklung der Schülerinnen und Schüler, ihre Motivation und Weltbilder mit den entsprechenden Instrumenten aus der TIMSS-Pop-II-Untersuchung erhoben.

Für die Aufklärung der Wirkung von Lehrerkonzepten und Unterricht müssen drei Untersuchungsebenen betrachtet werden: Die vom Lehrer intendierten Konzepte zu Lehren und Lernen im Physikunterricht sowie ihr Professionswissen, die Konzepte, die im Physikunterricht verwirklicht werden, bzw. die Auswirkungen der Lehrerhandlungen auf mögliche Lernwege der Schülerinnen und Schüler und die Auswirkungen auf ihre Leistungen. Das Testinstrumentarium erfasst also Unterricht nach strukturellen Kriterien, Qualitätsmerkmalen und nach Leistungsdaten der Schülerinnen und Schüler.

Die laufende zweijährige Projektphase wurde im Juni 2000 begonnen; die empirische Phase begann im September 2000 und ist im Februar 2002 abgeschlossen worden. Ein Teil des hier aufgeführten Inventars wird zur Messung von Entwicklungen vier Mal angewendet, so dass die drei Unterrichtsreihen als mehrfaches Pre-Post-Design eingeklammert werden. Dies betrifft die Lehrerkonzeptinterviews und das Aufgaben- und Interessen-Inventar (vgl. Abbildung 2).

Im Folgenden wird ausgeführt, welche Erhebungsmethoden und Analyseverfahren verwendet bzw. entwickelt worden sind.

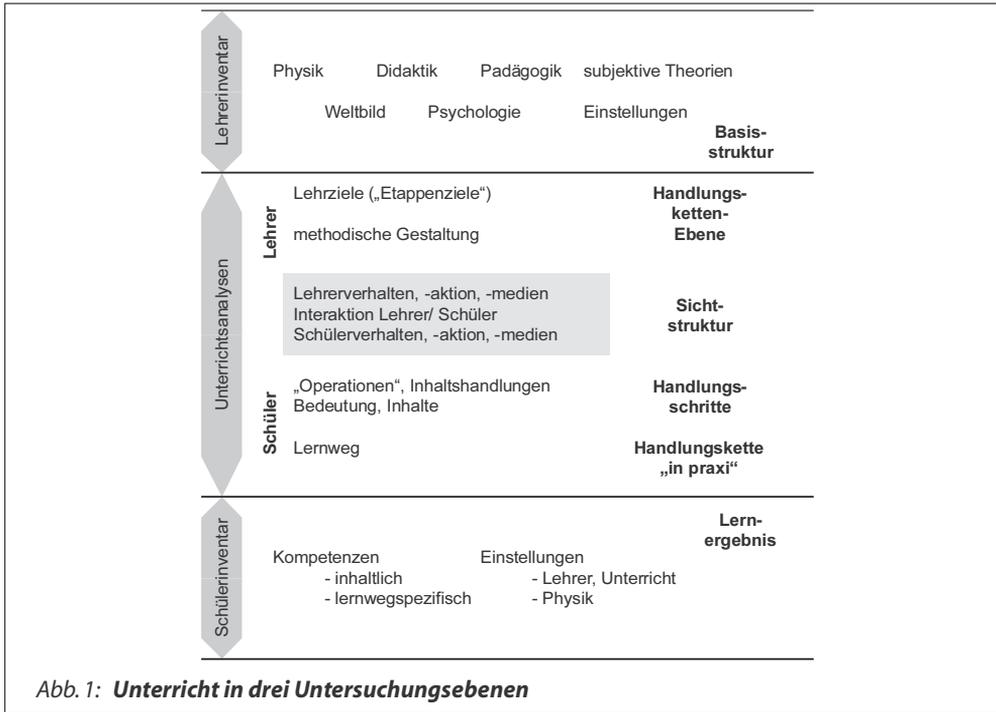


Abb. 1: **Unterricht in drei Untersuchungsebenen**

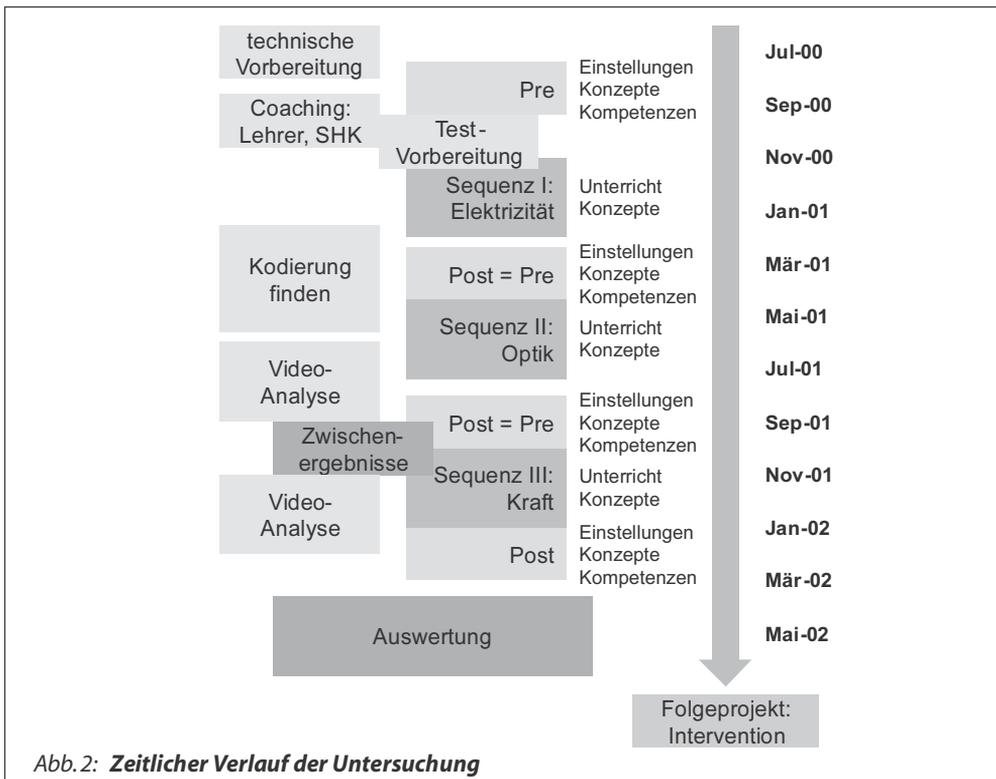


Abb. 2: **Zeitlicher Verlauf der Untersuchung**

TIMSS-Aufgabentests

Die TIMSS-Aufgabentests (für Population II: siebte und achte Jahrgangsstufe) dienen der Erfassung des Lernfortschritts der Schülerinnen und Schüler und darüber hinaus der Beschreibung der Kompetenzprofile der Klassen. Die hier verwendete Aufgabenauswahl entspricht nur einem halben TIMSS-Testheft, um die Testbelastung der Schülerinnen und Schüler zu minimieren. Die Aufgabentests liefern für jeden Probanden Leistungsscores in Rasch-Skalierung (in internationaler TIMSS-Metrik: Mittelwert 500 ± 100) für die Bereiche „Science“ und „Mathematics“.

TIMSS-Hintergrundfragebögen

Um lernrelevante Einstellungen und Interessen der Schüler zu erheben, wird eine Auswahl des deutschen TIMSS-Hintergrundfragebogens verwendet.

Eine modifizierte Form dieses Fragebogens wurde von den Lehrern zeitgleich beantwortet; mit diesen Daten sind Vergleiche zwischen den physikalischen und pädagogischen Konzepten der Lehrer untereinander und mit denen der Schüler möglich.

Spezifische Inhaltstests

Um den Lernerfolg an den tatsächlich behandelten Lehrinhalten zu messen und ein curriculares Maß für den querschnittlichen Vergleich der sechs Schulklassen zu ermöglichen, werden nach jedem Halbjahr, d.h. nach jedem Themenblock, unterrichtsspezifische Inhaltstests durchgeführt, die mit Hilfe der Unterrichtsdokumentation durch die unterrichtenden Lehrer und anhand der Lehrpläne konstruiert wurden.

Der Test zur Elektrizitätslehre (erstes Halbjahr) beinhaltet Aufgaben von Shipstone (Shipstone 1984; Übersetzung: von Rhöneck 1986) und eigene Aufgaben. Der Test zur Optik (zweites Halbjahr) besteht nur aus eigenen Aufgaben. Der Test zum Thema Kraft (drittes Halbjahr) besteht aus eigenen Aufgaben und einer Auswahl aus dem Force-Concept-Inventory (Hestenes/Wells/Sweckhammer 1992).

Kognitiver Fähigkeitstest (KFT)

Um die Schulklassen in ihren Lernvoraussetzungen miteinander vergleichen zu können, sind mit dem kognitiven Fähigkeitstest KFT (Heller/Perleth 2000) die kognitiven Fähigkeiten der Schüler auf drei Skalen abgebildet worden (verbal, nonverbal, quantitativ). Diese Skalen können in der abschließenden Auswertung als Einfluss auf die Leistungsdaten der TIMSS-Scores berücksichtigt werden.

Fragebögen zum Unterricht

Die Lehrinhalte des gesamten Unterrichts im Beobachtungszeitraum werden als Dokumentation der Unterrichtsverlaufspläne der Lehrer für jede Unterrichtsstunde erfasst. Direkt nach jeder aufgezeichneten Unterrichtsstunde erhalten Lehrer und Schülerinnen und Schüler zwei verschiedene Fragebögen, die bei den Schülern Begriffe für das Unterrichtsgeschehen und bei den Lehrern die Unterrichtsziele und die eigene Erfolgseinschätzung abfragen.

Lehrerinterviews

Das unterrichtsrelevante und handlungsleitende Wissen der Lehrer wird in einem Leitfaden-Interview (etwa 45 Minuten) abgefragt. Der Leitfaden basiert auf einem Leitfaden von Labudde (2000) und fragt darüber hinaus weitere Aspekte zur Unterrichtsplanung und der kollegialen Kooperation ab. Die Interviews wurden dreimal durchgeführt und als Transkripte textbasiert inhaltsanalytisch ausgewertet. Die Inhaltsanalyse zu den Lehrerinterviews ist mit Hilfe des Datenmaterials der ersten beiden Interviews textanalytisch entwickelt worden. Ein weiteres Interview befragt die Lehrer zu ihrem Professionswissen und zu ihrem persönlichen Verständnis ihrer Profession.

Unterrichtsaufzeichnungen

Die sechs Lehrer und ihre Klassen werden exemplarisch im Physikunterricht videografiert. Die Videoaufnahmen erfolgen lehrerzentriert nach Regeln, die im Wesentlichen den Anweisungen zur Kameraführung der TIMS-Videostudie entspricht (Stigler/Fernandez 1995); die Kamera folgt hier vor allem dem Lehrer und schließt seinen Interaktionsradius ein (zum Beispiel Schüler als Dialogpartner oder Impulsgeber). Es sind 60 Unterrichtsstunden in den insgesamt sechs Schulklassen aufgezeichnet worden.

Kodierung der Unterrichtsvideos

Das oben skizzierte Unterrichtsmodell legt es nahe, das umfangreiche Kodierverfahren zur Analyse der verschiedenen Oberflächen- und Tiefenaspekte in getrennten Kodierdurchgängen anzulegen. Diese Durchgänge werden im Folgenden dargestellt; wegen des Umfangs kann die Darstellung hier nur exemplarisch erfolgen.

Die ersten beiden Kodierdurchgänge dienen der Analyse von Oberflächenmerkmalen des Unterrichts als Sichtstruktur und Unterrichtsqualität. Diese beiden Datenquellen sollen den Bezug zwischen den von den Lehrern geäußerten methodischen Zielen herstellen und partiell die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler erklären.

Die Kodierung der Sichtstruktur entspricht einer Erweiterung des TIMSS-Kodierschemas für den Physikunterricht, der insbesondere eine Berücksichtigung der Rolle des Experiments im Physikunterricht fordert. Hier wurde auch ein entsprechendes Verfahren von Tina Seidel (siehe Beitrag vom IPN Kiel in diesem Band) berücksichtigt, um die im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms „Biqua“ gewonnenen Ergebnisse vergleichen zu können; dies betrifft die Kodierung der Interaktionsformen (Klassengespräch, Gruppenarbeit, Stillarbeit und Übergang) sowie der untergeordneten Schüleraktivitäten.

Beispiele für die zusätzlichen Verhaltenskategorien sind: Aktion, Medien und Verhalten von Schülern und Lehrer, insbesondere Umgang des Lehrers mit Schüleräußerungen (aufgreifen versus ignorieren) und on/off-Task-Rating der Schüler; ebenso werden die Gruppenarbeit (arbeitsteilig/nicht arbeitsteilig) und die Form der Aufgabenstellung (differenziert/nicht differenziert) bewertet.

Ein weiterer Durchgang dient der vor allem am Lehrerverhalten orientierten Bewertung der Unterrichtsqualität. Er setzt ebenfalls an der Sichtstrukturebene an. Hier wurde ein Fragebogen eingesetzt, wie er in der BRIDGE-Studie vom MPI Berlin (Clausen

2000) für den Mathematikunterricht zusammengestellt und angewandt worden ist. Diese Skalen können auf den Physikunterricht übertragen werden, wenn man berücksichtigt, dass die Bedeutung anspruchsvoller Aufgabenstellungen im Physikunterricht auf experimentelle Aufgaben ausgeweitet werden muss. Die Skalen heißen: Pacing, Monitoring, Disziplin, Sprunghaftigkeit, Interaktionstempo, anspruchsvolles Üben, genetisch-sokratisches Vorgehen, individuelle Bezugsnormierung, Individualisierung, Partizipation, Sozialorientierung, repetitives Üben, Zufriedenheit der Kodierer. Dieser Fragebogen wird nach Abschluss jedes anderen Kodierdurchgangs von jedem Kodierer ausgefüllt. Als „integriertes“ Maß lässt dieses Verfahren allerdings keine Einschätzung der Unterrichtsqualität an den Ansprüchen z.B. von Scientific-Literacy oder naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen zu; diese Inhalts- und Verlaufsaspekte werden durch die weiteren Kodierdurchgänge berücksichtigt.

Als Tiefenmerkmale von Unterricht sind die Kodierdurchgänge für Lehrzieltypen und Inhaltshandlungen ausgewählt worden. Die Inhaltshandlungen entsprechen Lernschritten auf der Schülerseite, sie wurden in Bezug auf Osers Basismodelltheorie formuliert. Während die so genannten Handlungsketten bei Oser als Handlungsanleitung für Lehrerinnen und Lehrer zur Organisation entsprechender Lernmöglichkeiten gemeint sind, wird hier versucht, sie als durchgeführte Handlung zu kodieren. Die daraus resultierenden Lernverläufe werden mit den Handlungsketten verglichen, um spezifische Schülerkompetenzen vorherzusagen. Zur Analyse der Unterrichtsaufzeichnungen wurde auf der Basis der Daten und der Anforderungen an Physikunterricht (wie Scientific-Literacy oder naturwissenschaftliches Arbeiten; vgl. Fischer 1998) die folgende Auswahl aus Osers Basismodellen getroffen: Lernen durch Eigenerfahrung, Conceptual Change, Problemlösen, Theoriewissen, Routinebildung und Übersichtslernen.

Kodiert werden die Inhaltshandlungen in 30-Sekunden-Schritten; dabei wird zunächst die Gruppe der Inhaltshandlungen ausgewählt (z.B. „Formulieren/Fixieren des (nun) Bekannten“ oder „Anwenden/Übertragen/Konkretisieren“) und dann über die Inhaltshandlung entschieden (z.B. Festhalten: „Theorie/Merksatz/Formel/Begriff“ bzw. Anwenden: „(erfolgreicher) Lösungsweg auf anderes Problem“). Zusätzlich zu den Handlungsschritten wird kodiert, in welchem Kontext sich der Inhalt bewegt (Teilbereich, übergeordnetes Thema, Alltagswelt) und in welcher Repräsentationsform er benutzt wird (z.B. verbal-mündlich, verbal-schriftlich oder symbolisch).

Als Tiefenstruktur auf der Lehrerseite wird versucht, den „latenten Plan“ des Lehrers für den Unterricht im Verlauf zu interpretieren. Das Verfahren bezieht sich auf die oben genannte Auswahl von Osers Lehrzieltypen, die für den Physikunterricht relevant ist. Zusätzlich wurden neue Lehrzieltypen hinzugenommen, die notwendig sind, um die Unterrichtspraxis im vorliegenden Datenmaterial zu beschreiben, und die bislang nicht in Osers Modell berücksichtigt wurden: Reproduktion, Disziplin und Aktivierung/Lernkontrolle/Leistungskontrolle.

Die Kodierung der Lehrzieltypen erfolgt entlang einer Item-Liste – je Zieltyp sind fünf Items formuliert, wie z.B. für das Theoriewissen: „Der Lehrer möchte, dass die Schüler das allgemeine Gesetz im Spezialfall erkennen.“ – oder für die Reproduktion: „Die Schüler brauchen nach Ansicht des Lehrers das Gegebene nicht verstanden zu ha-

ben, bevor sie es nachmachen oder übernehmen.“ Der Kodierer urteilt in 60-Sekunden-Schritten über die Items, deren Zutreffen zu Zieltypskalenwerten aufaddiert werden.

Inhaltshandlungen und Lehrzieltypen beziehen sich auf die gleiche Auswahl an oserischen Basismodellen, sodass hier (partiell) eine gegenseitige Validierung möglich ist, wenn beide Kodierungen übereinstimmende Aussagen beinhalten.

4. Erste Ergebnisse

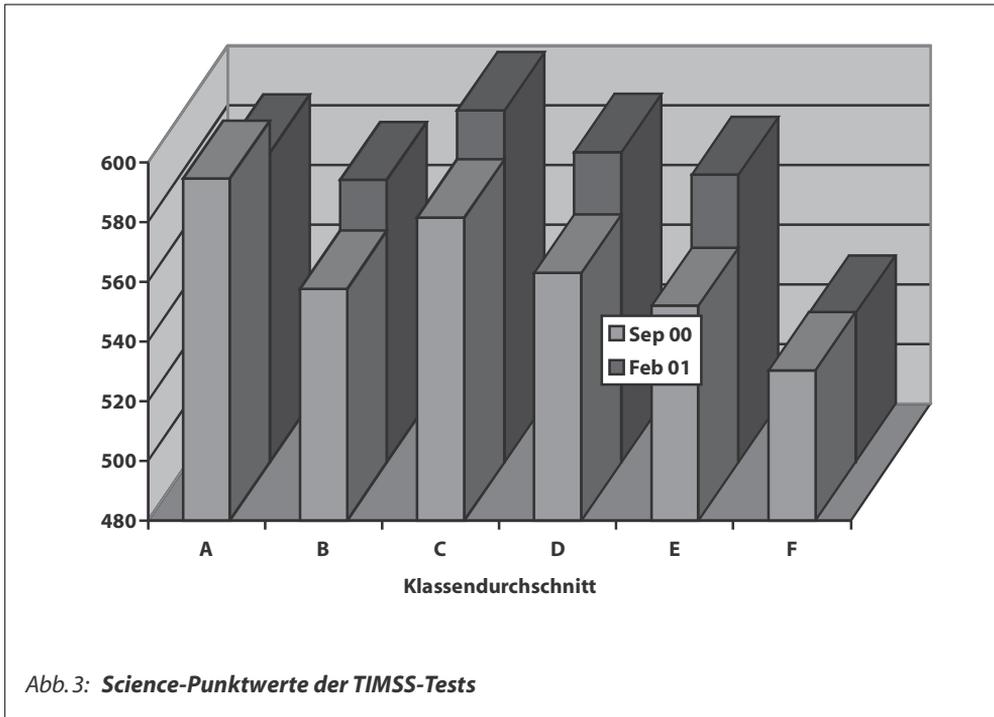
Erste Hinweise aus dem bereits vorliegenden Datenmaterial: Vorbehaltlich aller statistischer Einwände (sechs Lehrer wurden untersucht) und der fragmentarischen Ergebnisse, die zu diesem Zeitpunkt keine sichere Interpretation zulassen (die Datenerhebung dauerte bis Februar 2002), deutet sich an, dass Lehrer deutliche Schwerpunkte in der Wahl ihrer Lehrzieltypen zeigen; im Vergleich mit den Schülerleistungen heben sich erfolgreichere Lehrzieltypen ab.

Ein erster Blick auf die Häufigkeiten der Sichtstrukturanalyse für je eine Unterrichtsstunde je Lehrer zeigt vor allem in folgenden Kategorien Variation zwischen den einzelnen Lehrern: Durchführung von Experimenten (als Aktivität während der Schülerarbeitsphasen), Schülerorientierung des Lehrers (konstant oder variabel) Sozialformen (Verhältnis von Lehrerzentrierung zu Schülerzentrierung), Gruppeninteraktion des Lehrers (Verhältnis von „individuell“ zu „global“), Schülerdialogbeiträge, Schülerexperiment, Aktivität in der Klasse (Variationsbreite). Anhand dieser Merkmale bietet sich eine Gruppierung der Klassen bzw. Unterrichtsformen an in 1. „schülerorientierte Erarbeitung mit experimentellen Aufgaben“ (Klassen B, C, D), 2. „lehrerzentrierte Instruktion mit Demonstrationsexperimenten“ (Klassen A, E, F).

Mit den vorliegenden TIMSS-Daten der ersten beiden Messzeitpunkte ist ein endgültiger Vergleich mit den Schülerleistungen noch nicht möglich; die Lernzuwächse können vollständig erst mit allen vier Messzeitpunkten berechnet werden. Die bisherigen Ergebnisse können plausibel gemacht werden, bestätigen das entwickelte Kodierverfahren – und es lässt sich die beabsichtigte Auswertungsargumentation vorführen.

Das Diagramm (S. 134) der Science-Punktwerte aus den TIMSS-Aufgaben zeigt, dass nur die Klassen B, C, D und E Leistungszuwächse verzeichnen. Die Klassen B, C, D fallen andererseits in die oben genannte Gruppierung von Unterricht als „schülerorientierter Erarbeitung mit experimentellen Aufgaben“. Die Sichtstrukturkodierung kann aber nach bisherigem Stand noch keine Aussagen über die Unterrichtsqualität und die Wirkweisen von Unterricht fällen.

Einige Skalen des Kodiererfragebogens zur Unterrichtsqualität deuten Unterschiede zwischen den Lehrern an (ANOVA mit zwei Unterrichtsstunden pro Lehrer von zwei Kodierern, $N = 18$): Disziplin, Sprunghaftigkeit, genetisch-sokratisches Vorgehen, Individualisierung, Partizipation, globale Zufriedenheit der Kodierer mit dem Lehrer. Die Skalen mit den signifikanten Gruppenunterschieden zeigen, dass die Gruppe B, C, D ein geringes Interaktionstempo und wenig Sprunghaftigkeit zeigt; die Klassen C und D werden von den Kodierern deutlich genetisch-sokratisch argumentierend und individu-



alisierend wahrgenommen. Allerdings sind die Reliabilitäten nach Cronbachs α für zwei dieser Skalen zum Teil nicht ausreichend – mit $\alpha = 0.60$ (gültig: $N = 14$) für Sprunghaftigkeit und $\alpha = 0,39$ für Individualisierung (gültig: $n = 16$); hingegen zeigen die anderen Skalen Werte von $\alpha = 0.83$ bis $\alpha = 0.96$, sodass sich bislang folgendes Bild zeigt: Gerade auf den Skalen, die die stabileren Aussagen treffen, zeigen sich unsystematische Ausprägungen, die keine zusammenfassenden Aussagen über hohe oder geringe Unterrichtsqualität ermöglichen. Dies entspricht der anfänglichen Erwartung, dass diese Analyseebene nicht mit den Schülerleistungen korreliert.

Ein erster Blick auf die Ergebnisse aus der Kodierung der Lehrzieltypen als Mutmaßungen über den „latenten Plan“ des Lehrers verhält sich systematischer. Zunächst wurden die Häufigkeiten der Lehrzieltypen pro Unterrichtsstunde ausgezählt und dann über zwei Unterrichtsstunden pro Lehrer (A bis F) gemittelt. Clusteranalyse und Faktorenanalyse (84% Varianzerklärung) legen eine Lösung mit vier Zieltypengruppierungen nahe, deren Aufbau und Lehrerzuordnungen in Tabelle 1 gezeigt ist („+“ deutet die Stärke der Ausprägung an).

Wenn die Gruppe B, C, D mit der Sichtstrukturgestaltung als „schülerorientierte Erarbeitung mit experimentellen Aufgaben“ die erfolgreichere Gruppe ist, dann scheinen hier auch die Zieltypen Theoriebildung/Strukturtransformation zusammen mit dem Eigenerfahrungsansatz erfolgreich zu sein. Die anfängliche Hypothese unterstellt der Sichtstruktur die geringere Wirkung auf das unterrichtliche Lernen – welche Ebene hier die wirksame ist, kann noch nicht entschieden werden. Entweder ist also die Sichtstruk-

tur eine variationsarme Choreografie der analysierten Lehrzieltypen (was nicht für Lehrer A zutreffen würde) oder aber die Sichtstruktur könnte – entgegen der Eingangshypothese – als zentrale Unterrichtsebene gedeutet werden.

Tab. 1: Zuordnung der Lehrer zu Lehrzieltypen

	Zieltyp Eigenerfahrung (I)	Zieltyp Problemlösen (II)	Zieltypen Theoriebildung und Conceptual Change (III)	Zieltypen Routinebildung, Ü- bersichtslernen, Reproduktion (IV)
Lehrer A	(+)	+	+++	0
Lehrer B	++	0	++	0
Lehrer C	++	0	+++	0
Lehrer D	+++		+++	0
Lehrer E	0	0	0	+++
Lehrer F	0	0	0	+++

Die Kodierung der Inhaltshandlungen soll diese Frage beantworten. Eine mit den Lehrzieltypen stimmige Analyse validiert das Kodiervorgehen für die Tiefenstruktur, und beschreibt die Effizienz der Unterrichtsführung entlang des „Lehrzielfahrplans“. Außerdem sollen die identifizierten regelmäßigen Abfolgen mit Osers Formulierungen von Handlungsketten verglichen werden, die auf spezifische, den Lehrzieltypen entsprechende Schülerkompetenzen zielen (z.B. Theoriereproduktion oder Problemlösen).

Eine solche Verknüpfung von Schülerlernen mit den gemessenen spezifischen Schülerkompetenzen ist zum derzeitigen Stand der Studie noch nicht möglich.

Erste Ergebnisse, abgeleitet aus den Analysen der Professionsinterviews, lassen Hinweise zu einer Clusterbildung finden: Während die Lehrer B und C in einem Großteil der Kategorien ähnliche, wenn nicht sogar gleiche Werte annehmen (bis zu zwei Dritteln der Gesamtnennungen), divergieren die Lehrer A, D, E und F fast regelmäßig von diesen Werten. Die deutlichsten Übereinstimmungen der Gruppe B/C mit starker Abgrenzung zur Gruppe A/D/E/F finden sich in den Kategorien: Auswirkungen der Arbeitszufriedenheit, Personeneinfluss auf Arbeitszufriedenheit, Zufriedenheit als Lehrer, Schülereffekte und Selbstbewertung.

Der Vergleich mit der Gruppierung anhand der Unterrichtsdaten zeigt, dass dies die Aussagen für Lehrer B und C die Modellannahme stützen, dass Lehrer auf der konzeptionellen Ebene verglichen und übergreifende Konzepte isoliert werden können. Die

Lehrer werden wie folgt den zwei verschiedenen Schulen zugeordnet: Schule 1 – A, B, C, D und Schule 2 – E, F. Das Herausheben der Lehrergruppe B und C macht die Schulzugehörigkeit als Alternativerklärung unwahrscheinlicher.

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit den skizzierten Ergebnissen kann das Kodierverfahren zur Trennung von Oberflächen- und Tiefenstrukturen im Unterricht als arbeitsfähig angesehen werden. Damit bestätigt sich auch, dass sich das zu Grunde liegende deskriptive Unterrichtsmodell, das von Osers präskriptiver Basismodelltheorie ausgegangen ist, als sinnvoll erweist. Die eingangs aufgestellten Untersuchungshypothesen werden gestützt, nämlich dass sich einzelne Basismodelle als Handlungsgrundlage im Physikunterricht finden lassen, und dass einzelne vergleichsweise stabile Unterrichtsmerkmale mit Lernerfolg korrelieren. Weiterhin zeigen sich deutliche Hinweise, dass die Kenntnis der Sichtstrukturebene allein nicht ausreicht, um das Wirken von Physikunterricht hinreichend zu erklären.

Im Anschluss an diese Studie sollen die wirksamen und qualitativ hochwertigen Merkmale isoliert und zur Grundlage eines Lehrertrainings werden. Es ist zu erkennen, dass eine bestimmte Auswahl von Lehrzieltypen, ergänzt um physikdidaktische Forderungen (z.B. naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, Problemlösen, Aufgabenkultur usw.) besonders lernwirksam ist. In einer Interventionsstudie sollen diese isolierten „Erfolgsmerkmale“ mit Lehrerinnen und Lehrern als Gestaltungs- und Handlungskompetenz trainiert und der Erfolg dieses Trainings evaluiert werden. Der Zusammenhang zwischen diesen Elementen des Professionswissens von Lehrerinnen und Lehrern und dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler wäre damit partiell erklärbar. Da sich bereits abzeichnet, dass die hier entwickelten Untersuchungsinstrumente reliabel und valide sind, kann daraus ein mehrteiliges Testinstrumentarium zur Erfassung des Lehrerwissens über Lernprozesse entwickelt werden. Auf der Theorieebene ist abzufragen, welche Theorien Lehrerinnen und Lehrer kennen und welche Relevanz sie ihnen für die Unterrichtsgestaltung zuordnen. Auf der Handlungsebene kann geklärt werden, inwieweit diese Kenntnisse zur Bewältigung unterrichtlicher Anforderungen tatsächlich genutzt werden.

Literatur

- American Association for the Advancement of Science (1989): *Science for all Americans*. Washington D.C.
- Baumert, J./Klieme, E./Watermann, R. (1999): *Jenseits von Gesamttest- und Untertestwerten: Analyse differentieller Itemfunktionen am Beispiel der mathematischen Grundbildungstests der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie der IEA (TIMSS)*: In Herber, H.-J./Hofmann, F. (Hrsg.), *Schulpädagogik und Lehrerbildung*, S. 301–324. Innsbruck: Studienverlag.

- Baumert, J./Lehmann, R./Lehrke, M./Schmitz, B./Clausen, M./Hosenfeld, I./Köller, O./Neubrand, J. (1997): TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.
- Biological Science Curriculum Study (1990): BSCS and educational reform. BSCS: The Natural Selection, S. 1.
- Brouër, B. (2001): Förderung der Wahrnehmung von Lernprozessen durch die Anwendung der Basismodelle des Lernens bei der Gestaltung von Unterricht. In: Unterrichtswissenschaft, Weinheim, S. 153–170.
- Clausen, M. (2000): Wahrnehmung von Unterricht – Übereinstimmung, Konstruktvalidität, und Kriteriumsvalidität in der Forschung zur Unterrichtsqualität. Dissertation am Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie, Freie Universität, Berlin.
- DeBoer, G.E./Bybee, R.W. (1995): The goals of science curriculum. In: Bybee, R.W./McInerney, J.D. (Hrsg.): Redesigning the science curriculum: A report on the implications of standards and benchmarks for science education. Colorado Springs, CO: Biological Sciences Curriculum Study.
- Fischer, H.E. (1998): Scientific Literacy und Physikkernen. IN: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 4, Heft 2, S. 41–52.
- Gräber, W./Bolte, C. (Hrsg.) (1997): Scientific literacy, an international Symposium. Kiel: IPN.
- Gunter, M.A./Estes, T.H./Schwab, J.H. (1990): Instruction. A models approach. Boston: Allyn and Bacon.
- Heller, K.A./Perleth, Ch. (2000): Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen Revision (KFT 4–12+ R). Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Hestenes, D./Wells, M./Sweckhammer, G. (1992): Force Concept Inventory. In : The Physics Teacher 30 (3), S. 141–151.
- Holland, P.W./Wainer, H. (Hrsg.): (1993): Differential Item Functioning. Hilldale, N.J: Lawrence Erlbaum.
- Jacobs, J.K./Kawanaka, T./Stigler, J.W. (1999): Integrating Qualitative and Quantitative Approaches to the Analysis of Video Data on Classroom Teaching. In Bos, W./Tarnai, Ch. (Hrsg.): Computer Aided Content Analysis. Special Issue of International Journal of Educational Research.
- Klieme, E./Schecker, H. (2001): Mehr Denken, weniger Rechnen. Physikalische Blätter 57 (2001) Nr. 7/8, S. 113–117.
- Labudde, P. (2000): Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II (Schulpädagogik – Fachdidaktik – Lehrerbildung). Wien: Haupt.
- Lunetta, V.N. (1998): The school science laboratory: historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In Tobin, K./Fraser, B. (Hrsg.): International Handbook of Science Education. Amsterdam: Kluwer.
- Millar, R. (1996): Towards a science curriculum for public understanding. In: School science review 77 (280), S. 7–18.
- Miller, J.D. (1997): Civic scientific literacy in the United States: A developmental analysis from middle-school through adulthood. In: Gräber, W./Bolte, C. (Hrsg.): Scientific Literacy, S. 104–121. Kiel: IPN.
- National Science Teacher Association⁴ (1990): Science education initiatives for the 1990s. Washington, D.C.
- Oser, F./Patry, J.-L. (1990): Choreographien unterrichtlichen Lernens, Basismodelle des Unterrichts. In: Berichte zur Erziehungswissenschaft Nr. 89, Pädagogisches Institut der Universität Freiburg, Schweiz.
- Oser, F./Patry J.-L./Elsässer, T./Sarasin, S./Wagner, B. (1997): Choreographien unterrichtlichen Lernens – Schlußbericht an den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Pädagogisches Institut der Universität Freiburg, Schweiz.
- Rhöneck, Ch. von (1986): Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 13. Kiel: Schmidt und Klaunig.

- Roth, W.-M. (1997): The interaction of learning environment and student discourse about knowing, learning, and the nature of science: Two longitudinal case studies. In: International Journal of Educational Research, 27, S. 311–320.
- Shipstone, D.M. (1984): A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. In: European Journal of Science Education Vol. 6, No. 2, S. 185–198.
- Stigler, J.W./Fernandez, C. (1995): TIMSS Videotape Classroom Study/Field Test Report. Den Haag: IEA.

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Hans E. Fischer, Universität Dortmund, Fachbereich Physik, Arbeitsgruppe Didaktik der Physik, Otto-Hahn-Straße 4, 44221 Dortmund.

Dipl. Phys. Thomas Reyer, Universität Dortmund, Fachbereich Physik, Arbeitsgruppe Didaktik der Physik, Otto-Hahn-Straße 4, 44221 Dortmund.

Christina Wirz, Universität Dortmund, Fachbereich Physik, Arbeitsgruppe Didaktik der Physik, Otto-Hahn-Straße 4, 44221 Dortmund.

Prof. Dr. Wilfried Bos, Universität Hamburg, Fachbereich Erziehungswissenschaft, Institut für International und Interkulturell Vergleichende Erziehungswissenschaft, Sedanstraße 19, 20146 Hamburg.

Nicole Höllrich, Universität Dortmund, Fachbereich Physik, Arbeitsgruppe Didaktik der Physik, Otto-Hahn-Straße 4, 44221 Dortmund.