

HANS E. FISCHER, ANDREAS BOROWSKI, ALEXANDER KAUERTZ UND KNUT NEUMANN

Fachdidaktische Unterrichtsforschung – Unterrichtsmodelle und die Analyse von Physikunterricht

Classroom research on science education – Models of teaching and learning and the analysis of physics lessons

Zusammenfassung

Ergebnisse der Unterrichtsforschung in den letzten Jahren bestätigen komplexe, nicht triviale Zusammenhänge zwischen Systembedingungen, Lehrerkognition, Lehrer- und Schülerhandeln und Schülerkognition. Zur Beschreibung des Unterrichts und zur Klärung der Beziehungen benötigen wir Unterrichtsmodelle, die Wirkungszusammenhänge von der Systemebene bis zur Unterrichtsebene theoretisch vorhersagen und Untersuchungsdesigns und -methoden, die die Kontrolle der zentralen Unterrichtsvariablen ermöglichen. An Beispielen aus der physikdidaktischen Forschung der nwu-essen wird ein entsprechender Forschungsansatz dargestellt und diskutiert, wie die Ergebnisse zur Verbesserung des Physikunterrichts beitragen können.

Schlüsselwörter: Physikdidaktik, Unterrichtsqualität, Fachdidaktische Unterrichtsforschung, Unterrichtsmodelle

Abstract

Research on school instruction revealed complex, but non-trivial relations between systemic framework conditions, teacher cognition, teacher and students actions and last but not least students cognition. A detailed description of instruction and a further investigation of the above mentioned relations require multi-level models as well as respective research designs and methodology: Models, which predict the influence of specific characteristics from the system to the instructional level and research designs and methodology, which allow controlling for particular instructional variables. This paper details a respective research approach at the example of physics education research at the nwu-essen. Finally, it will be discussed how results from such a research approach may contribute to an improvement of physics instruction.

Keywords: Physics education, quality of instruction, research on science education, instructional designs

1 Einleitung

Ziel fachdidaktischer Unterrichtsforschung ist u.a. die möglichst gute Vorhersage des Verhaltens von Schülerinnen und Schülern in Lernprozessen und der Vorhersage ihrer Leistungen und ihrer Motivation unter Berücksichtigung bestimmter Bedingungs-ebenen und unterrichtlicher Interventionen. Zum Beispiel sagt in Deutschland „die soziale Herkunft in hohem Maße das erreichte Kompetenzniveau“ im PISA Mathematiktest vorher (Prenzel et al., 2004, S. 251). Nach

einem bei PISA zugrunde gelegten Modell sozialer Herkunft beträgt der Mittelwert der Varianzaufklärung für die mathematische Kompetenz der beteiligten OECD Staaten 16,8%, in Deutschland 21,1% (ebenda, S. 275). Da in solchen deskriptiven Untersuchungen keine unterrichtlichen Zusammenhänge analysiert oder beschrieben wurden, wird aus den Ergebnissen nicht ableitbar, was in den jeweiligen Gesellschaften oder auch nur im Unterricht geändert werden müsste, um bessere Ergebnisse zu erzielen. Für eine Optimierung des Schulsystems zur Verbesserung des Un-

terrichts sind wegen der großen Anzahl von Variablen, die ein solches System ausmachen, Vergleiche zwischen unterschiedlichen Systemen zur Entscheidungsfindung nur bedingt hilfreich. Erfolge von grundlegenden Änderungen sind außerdem nur sehr langfristig zu erwarten, woraus ein neues Problem entsteht. Mit der Zeit können sich die sozialen und auch andere Bedingungen des Unterrichts im Mittel ändern, eine eventuell festzustellende Wirkung ist also nicht unbedingt der ursprünglichen Intervention zuzuordnen.

Um die Qualität von Unterricht zu beschreiben oder sogar Hinweise dafür zu erhalten, wie Unterricht gestaltet werden sollte, um seine Qualität zu verbessern, muss er deshalb selbst Gegenstand der Forschung sein. Allerdings ist plausibel, dass die kognitiven, organisatorischen und gesellschaftlichen Randbedingungen jeder Unterrichtssituation bei der Analyse der Wirkung bestimmter Maßnahmen mit berücksichtigt werden müssen. Der erwartete Effekt einer vielversprechenden neuen Unterrichtseinheit im Physikunterricht kann durch andere Effekte überdeckt werden, die zum Beispiel durch eine systembedingte Unterrichtspause im 8. Jahrgang hervorgerufen werden oder durch eine zu kurze 45 Minuten Taktung des Unterrichts, die trotz hervorragender Unterrichtsführung entscheidende Unterrichtsinhalte verhindert (Borowski et al.; 2010). Aussagen über Unterrichtsqualität und ihre Entwicklung über die Zeit, die Wirkung bestimmter Maßnahmen bei der Organisation von Lernprozessen oder die Entwicklung geeigneter, Unterrichtsqualität fördernder inhaltlicher Rekonstruktionen, Unterrichtsstrukturen oder Methoden benötigen deshalb ein Modell potenzieller Einflussgrößen von Unterricht und ein Modell von Unterrichtsqualität, in das aus fachlicher und fachdidaktischer Sicht die jeweils vereinbarten Standards mit ihren geforderten Kompetenzen und deren Entwicklungs- und Überprüfungsmöglichkeiten eingehen müssen. In erster Annäherung werden von Fischer et al. (2003) vier Ebenen vorgeschlagen, auf denen Unterricht und Einflüsse auf Unterricht und Unterrichtsqualität theoretisch modelliert und

in Untersuchungen des Unterrichts kontrolliert werden müssen: die Systemebene (von Schule und Schulsystem bedingte Faktoren), die Lernenden (u.a. Wissen, Motivation, Interesse, sozialer Hintergrund), die Lehrkraft (u.a. Wissen, Einstellungen, subjektive Theorien) und der Unterricht (Oberflächenstruktur und Tiefenstruktur). Im Folgenden wird zunächst ein Überblick über Forschungsansätze zur Unterrichtsqualität gegeben. Anschließend wird der Bedarf für ein Unterrichtsmodell als Grundlage der Erforschung von Unterricht aufgezeigt und an Beispielen aus der physikdidaktischen Forschung der nwu-essen plausibel gemacht.

Forschungsansätze zur Unterrichtsqualität

Qualitätsforschung mit dem Ziel, Merkmale guten Unterrichts zu formulieren, ist durch einen historischen Wandel gekennzeichnet, der teilweise als Paradigmenwechsel, teilweise als Änderung des wissenschaftlichen Fokus unter Berücksichtigung neuer Erkenntnisse, Fragestellungen und Methoden beschrieben werden kann.

In einer ersten Phase der Forschung zur Qualität des Unterrichtens wurden hauptsächlich Persönlichkeitsmerkmale von Lehrpersonen in Verbindung mit erzieherischen Wirkungen, nicht unbedingt mit Leistungen von Schülern, in Verbindung gebracht (Getzels & Jackson, 1970). Dieser Ansatz erwies sich zunächst als nicht sehr erfolgreich, da sich Merkmale von Lehrerinnen und Lehrern teilweise als trivial, teilweise als äußerst komplex darstellten und Auswirkungen auf Unterricht und Lernen offen blieben (Bromme, 1997). Der Ansatz wurde im Folgenden durch Bezug auf allgemeinspsychologische Theorien und durch Nutzung moderner psychometrischer Methoden erweitert. Es wurde dadurch möglich auch Wirkzusammenhänge zwischen Persönlichkeitsmerkmalen von Lehrerinnen und Lehrern und Einstellungen und Einschätzungen von Schülerinnen und Schülern zu klären (Rheinberg, 1992), womit

der nächste Schritt der theoretischen Entwicklung eingeleitet werden konnte.

Verfahren auf der Grundlage empirischer Untersuchungen durch externe Beobachter konzentrieren sich meist auf die Herstellung von Relationen zwischen einzelnen Unterrichtsmerkmalen, z.B. Lehrerhandeln und messbaren Wirkungen des Handelns auf Schülerleistungen, Einstellungen oder Kompetenzen (Prozess-Produkt-Forschung). Innerhalb dieses Ansatzes lassen sich zwei Schwerpunkte unterscheiden, bei denen es zum einen um Interaktionen im Klassenraum und um das Unterrichtsklima geht (Eder, 1996), zum anderen um Unterrichtsführung und Instruktionsverhalten von Lehrpersonen (Rosenshine, 1986). Der Prozess-Produkt-Ansatz wurde, aufbauend auf Erkenntnissen der Kognitionsforschung und konstruktivistischen Sichtweisen des Wissenserwerbs, zu einem Prozess-Mediations-Produkt Ansatz erweitert, in dem auch kognitiven Verarbeitungsprozessen und in den letzten Jahren Lernstrategien und der Selbstregulation des Lernens von Schülerinnen und Schülern eine wichtige Funktion zugewiesen wurde (Baumert & Köller, 2000). Allerdings bestand bis zum Ende der 80er Jahre das Problem der Unterrichtsforschung in einer theoretisch und statistisch angemessenen Bestimmung der Analyseebenen. Es standen noch keine verlässlichen Analyseverfahren zur Verfügung, die die individuelle Ebene, die Unterrichtsebene und die Systemebene verbinden konnten. Inzwischen können Zusammenhänge über die genannten Ebenen mittels strukturprüfenden multivariaten Verfahren (z.B. Hierarchisch Lineare Modelle, HLM) theoretisch und analytisch adäquat dargestellt werden (Bliemel et al., 2005; Ditton, 1998). Ein Beispiel im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist etwa eine Untersuchung zur Unterrichtswahrnehmung auf der individuellen und der Klassenebene für Biologie-, Mathematik- und Physikunterricht (Gruehn, 2000). Gruehn (2000) konnte mittels HLM zeigen, dass die auf Klassenebene gemittelte und nicht die individuelle Unterrichtswahrnehmung, was nach einem Prozess-Produkt-Ansatz eher er-

wartet würde, ein Prädiktor für individuellen Lernerfolg darstellt.

Prozess-Produkt-Forschung in seiner frühen, eher behavioristischen Ausprägung trat als Folge der kognitiven Wende in der Psychologie etwas in den Hintergrund und wurde zeitweise abgelöst durch Versuche, Handlungsweisen guter und erfahrener Lehrer zu analysieren und daraus Qualitätsmerkmale für gutes Unterrichten abzuleiten (Experten-Novizen-Forschung). Hier wurde die Suche nach Lehrermerkmalen wieder aufgegriffen, allerdings durch theoretische Modelle fundiert und durch neu entwickelte Methoden unterstützt (z.B. Groeben, 1988; Dann, 1989; Bromme, 1992, 1997).

Die Ergebnisse dieser Forschungsrichtungen sind allgemein akzeptiert, sie haben jedoch, dadurch, dass sie eine fast unüberschaubare Fülle von Einflussvariablen auf Unterricht belegt haben, auch zu beträchtlichen Problemen geführt. Die Unübersichtlichkeit der Daten hatte einige Versuche zur Folge, die wesentlichen Erkenntnisse aus der Datenflut zu extrahieren. Der Erfolg dieser Versuche bleibt fragwürdig. Ditton (2000, 80) kommentiert die Situation folgendermaßen: „Zumindest behaupten Spötter nicht ganz zu Unrecht, dass die Zahl der Reviews inzwischen die Zahl der originären Studien weit übersteigt.“ In einem „Meta-Review“ versuchten Wang, Haertel und Walberg (1990; 1993) die Ergebnisse von 179 ausgewählten Review-Artikeln zur Faktorenforschung systematisch auszuwerten. Sie entwickelten dafür ein Kategoriensystem mit insgesamt 228 Items, das sich an einer Synthese verschiedener Lernmodelle orientiert. Es gelang ihnen, einzelne Faktoren für Lernerfolge zu identifizieren. Zu den wichtigsten Einflüssen zählen danach:

- Classroom Management oder Klassenführung (Ordnung, klare Anweisungen, minimale Störungen, glatte und transparente Übergänge zwischen Unterrichtsphasen),
- Metakognitive Fähigkeiten der Schüler, Verantwortlichkeit für eigenes Lernen,
- Kognitive Fähigkeiten und soziales Umfeld der Schüler.

Tab. 1: Übersicht über Operationalisierungen fachdidaktischen Wissens nach Park & Oliver (2008)

Wissenschaftler	Wissen über								
	Ziele des gelehrten Fachinhaltes	Schülervorstellungen	Curriculum	Unterrichts- und Vermittlungsstrategien	Medien	Bewertungen	Fachwissen	Kontext	Pädagogik
Shulman (1987)	D	O	D	O			D	D	D
Tamir (1988)		O	O	O		O	D		D
Grossmann (1990)	O	O	O	O			D		
Marks (1990)		O		O	O		O		
Smith & Neale (1989)	O	O		O			D		
Cochran et al. (1993)		O		N			O	O	O
Geddis et al. (1993)		O	O	O					
Fernandez-Balboa & Stiehl (1995)	O			O			O	O	
Magnusson et al. (1999)	O	O	O	O		O			
Hasweh (2005)	O	O	O	O		O	O	O	O
Loughran et al. (2006)	O	O		O			O	O	O

D Der Autor sieht dieses Wissen außerhalb des PCK als eigene Kategorie; N Der Autor diskutiert diese Kategorie nicht (Äquivalent zur Leerstell aber benutzt als Betonung); O Der Autor sieht dieses Wissen als Komponente von PCK an.

Faktoren wie kognitive Fähigkeiten und soziales Umfeld der Schüler sind zwar durch Lehrerinnen und Lehrer nicht oder wenig beeinflussbar, müssen jedoch bei der Gestaltung des Unterrichts, bei Vergleichen auf und zwischen den Systemebenen und bei der Beurteilung von Interventionseffekten berücksichtigt werden. Bei anderen Merkmalen des Unterrichts zeigte sich, dass Effektgrößen und Varianzaufklärung für den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern gering sind. Angaben dazu schwanken zwischen 1% und 25% (Clausen, 2002). Immerhin scheinen einige der von der empirischen Lehr-Lernforschung gefundenen Gruppen von Faktoren im Hinblick auf eine Förderung des Lernerfolgs relativ stabil zu sein. Das Professionswissen der Lehrkräfte sei als Beispiel näher beschrieben.

Ob Lehrkräfte Unterricht im Hinblick auf relevante Faktoren erfolgreich gestalten können, ist u.a. eine Frage ihres Professionswissens. In taxonomischen Ansätzen wird das Lehrerwissen in theoretisch abgeleiteten Kategorien unterteilt um Wissensdimensionen zu identifizieren (vgl. Krauss et al., 2008). Eine allgemein anerkannte Taxonomie wurde von Shulman (1986, 1987) entwickelt. Er prägte unter anderem die Begriffe

pedagogical knowledge, content knowledge und pedagogical content knowledge, was als Pädagogisches Wissen, Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen übersetzt werden kann. Shulman (1986) selbst hat sieben Bereiche des Professionswissens identifiziert, die durch Fähigkeiten operationalisiert werden können. Eine Übersicht über eine solche Operationalisierung des fachdidaktischen Wissens zeigt Tabelle 1.

Mithilfe der drei ausgewählten Bereiche content knowledge (CK), pedagogical content knowledge (PCK) und pedagogical knowledge (PK) wird in verschiedenen neuen Untersuchungen ein wichtiger Teil des Lehrerwissens beschrieben. Es wird vermutet, dass ihnen eine zentrale Bedeutung bei der Unterstützung von Wissenserwerbs- und Wissenskonstruktionsprozessen der Schüler zukommt (Grossman, 1990; Lipowsky, 2006; Riese & Reinhold, 2008; Fischer et al., im Druck).

Mit der zunehmenden Ausarbeitung spezifischer Schüler- und Lehrerkompetenzen geht eine Fokussierung der einschlägigen Forschung auf Unterrichtsergebnisse als Maß für Unterrichtsqualität einher. Empirische Qualitätsforschung wurde deshalb bezüglich ihrer tendenziellen Verengung des Qualitätsbegriffs auf Leistungskriterien kritisiert (Oser

u. a., 1992; Einsiedler, 1997). Unterrichtsanalyse hat danach neben Lernerfolgskriterien noch weitere Mittel-/Zieldimensionen zu berücksichtigen. Clausen (2002) kategorisiert diese folgendermaßen:

- Effektivität des Unterrichts
- Kognitive Aktivierung der Schüler
- Förderung des Selbstkonzepts der Schüler
- Förderung des sozialen Lernens der Schüler
- Divergenzminderung innerhalb einer Klasse

Bei allen diesen Kriterien ist nicht unbedingt geklärt, welchen Stellenwert sie für Unterricht haben. Strukturgleichungsmodelle, die auf die aufgeklärte Varianz innerhalb eines geschlossenen Modells verweisen könnten, sind bisher immer nur für Teilzusammenhänge angewandt worden. Die an den einzelnen Faktoren vermerkten Anteile an der Varianzaufklärung beziehen sich deshalb immer nur auf die am jeweiligen Modell beteiligten Konstrukte, sie sind nicht absolut zu interpretieren. Bei einigen Konstrukten ergibt sich außerdem ein Wertigkeitsdilemma, z. B. wenn die Effektivität mit sozialem Lernen oder der Motivation, also anderen Zielkriterien für Unterricht als Fachleistung, in Konflikt gerät (Ditton, 2002).

Die zahlreichen und nicht immer überzeugenden Versuche zur Systematisierung empirischer Untersuchungsergebnisse und vor allem auch die Schwierigkeiten, diese Ergebnisse in der Praxis umzusetzen, weisen auf beträchtliche Theoriedefizite hin (Einsiedler, 1997). „Im Überblick betrachtet könnte der Eindruck entstehen, im Unterricht wäre alles und jedes irgendwie wichtig und zugleich auch wieder unwichtig“ (Helmke & Weinert, 1997, 125). Dementsprechend besteht zurzeit ein breiter Konsens, dass forschungsleitende Theorien und damit konsistente Analysemethoden entwickelt werden müssen, um weitergehende Arbeiten zu strukturieren (Ditton, 2000). Theorien oder theoretische Modelle müssen dazu multiple Effekte und Wechselwirkungen von Unterrichtshandlungen auf Lehrer- und Schülerebene berücksichtigen. Sie müssen außerdem für

Fachunterricht spezifisch und anwendbar sein sowie Perspektiven zu seiner Entwicklung aufzeigen können.

Clausen (2000) sieht für die zukünftige Entwicklung empirischer Untersuchungsmethoden zur Qualitätsforschung drei kritische Punkte:

1. Die Auswahl repräsentativer Konstrukte (Variablen in theoretischen Modellen)
2. Die Formulierung hypothetischer Zusammenhänge (Strukturmodell)
3. Die Operationalisierung mit passenden Indikatoren (Messmodell)

Die verschiedenen Ergebnisse und Ansätze der Qualitätsforschung müssen entsprechend integriert und neu bewertet werden. Was in der Tat fehlt, ist ein theoretisches Rahmenmodell, das Beziehungen zwischen verschiedenen Anforderungen des Lehrerberufs und zielfördernden Unterrichtshandlungen postuliert und diese mit den kognitiven, motivationalen und affektiven Bedingungen und Entwicklungen der Schülerinnen und Schüler verbindet. Konsens besteht, dass wenigstens für die Auswahl repräsentativer Konstrukte, der Beurteilung der Lernprozesse und der Motivation und deren adäquate Operationalisierung die Bedingungen des Unterrichtsfachs in besonderer Weise berücksichtigt werden müssen. Dass ein Unterrichtsmodell mit Bezug zu Unterrichtsqualität fachliche Elemente berücksichtigen muss, wird im Folgenden noch dargestellt. Weitere Ausprägungen didaktischer Unterrichtsforschung werden von Einsiedler (2008) bezüglich der Problematik ihrer Relevanz für Unterricht und der Generalisierbarkeit ihrer Ergebnisse diskutiert.

Unterrichtsmodelle und Unterrichtsforschung

In den letzten Jahren wurden verschiedene Versuche unternommen, das Forschungsfeld Unterricht in einem Zusammenspiel mehrerer Ebenen zu modellieren, um der Kom-

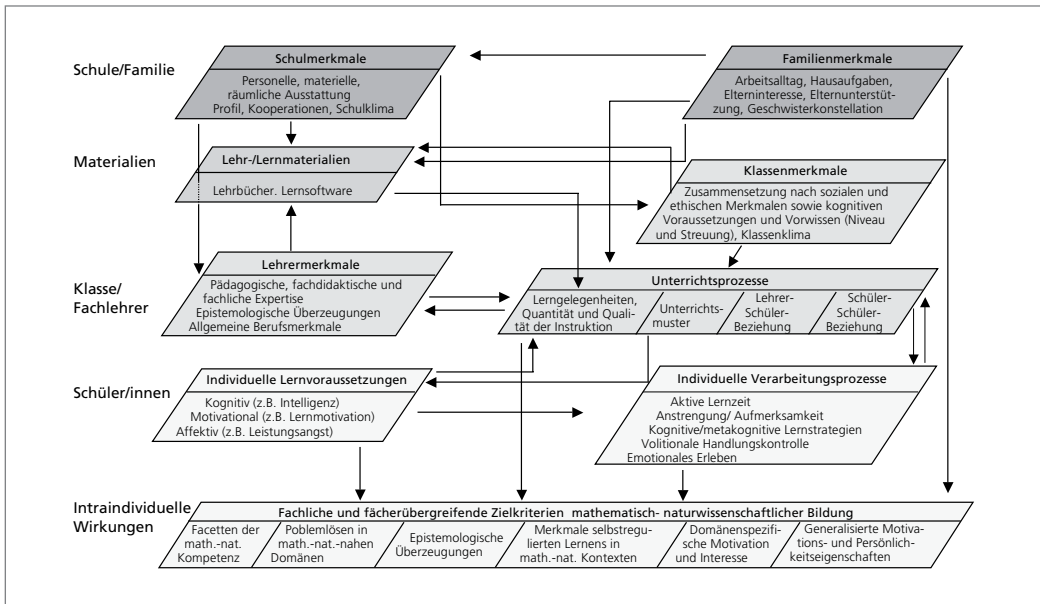


Abb. 1: Mehrebenenanalytisches Rahmenmodell der Wirkung schulischer und familiärer Lerngelegenheit auf fachliche und fächerübergreifende Zielkriterien von Bildung (Doll & Prenzel 2001).

plexität von Schule Rechnung zu tragen und die fragmentierte Erkenntnislage zu ordnen. Helmke (2003) und Fend (1998) sprechen von einem Angebot-Nutzungsmodell, das auf der Handlungsebene im Unterricht wirksam wird. Fischer et al. (2003) unterscheiden vier Ebenen, auf denen Variablen unterrichtlichen Handelns kontrolliert werden müssen. Die Schulsystemebene, die Ebene der kognitiven affektiven und motivationalen Voraussetzungen des Lehrerhandelns, die Ebene des Unterrichtshandelns (mit einer lehrer- und schülerbezogenen Unterebene) und die Ebene der individuellen kognitiven, affektiven und motivationalen Lernvoraussetzungen auf der Seite des Lernalers, die Schülerlernprozesse und die Lernergebnisse. Die Ebenen sind wechselseitig voneinander abhängig, Effekte sind bisher allerdings nur von der Lehrerkognitionsebene in Richtung Schülerkognition verfolgt worden.

Mit der Perspektive auf die Kompetenzen von Physiklehrern ist ein Modell wichtig, das im Rahmen des Projekts COACTIV (Krauss et al. 2004) im Kontext von Mathematikunterricht verwendet wurde (Abbildung 1). Dieses Projekt war als Ergänzungs-

studie zur internationalen Vergleichsstudie PISA 2003 angelegt. Auf der Seite der Schülerkognitionen standen die Leistungs- und Hintergrunddaten von PISA zur Verfügung, zusätzlich wurden mit Hilfe von Fragebögen das Fachwissen, das fachdidaktische Wissen, das pädagogische Wissen und motivationale Merkmale von Lehrkräften nach der Definition von Shulman (1987) erfasst. Unterricht als Verbindung zwischen Lehrer- und Schülerkognitionen wurde allerdings nicht direkt untersucht, sondern über Fragebögen zur Unterrichtswahrnehmung der Schülerinnen und Schüler und durch Analysen von eingesetzten Aufgaben rekonstruiert.

Abbildung 1 zeigt die Komplexität eines mehrebenenanalytischen Modells wobei auch hier die eigentlich wechselseitigen Bezüge aus Gründen der Handhabbarkeit nur unidirektional betrachtet werden.

Trotz einer unter Umständen präzisen und empirisch plausiblen Beschreibung einzelner Ebenen lässt sich ein Modell dieser Komplexität als Ganzes nur mit erheblichem Aufwand empirisch überprüfen. Allein die Zahl der nötigen Probanden übersteigt u.U. die Kapazität der forschenden Einheiten. Es

müssen deshalb zentrale Ebenen und Kriterien isoliert werden, die einerseits einer empirischen Überprüfung zugänglich sind und die andererseits im Verdacht stehen, wesentliche Effekte zu erzielen, um eine Balance zwischen fachdidaktisch gebotener und gewünschter Komplexität und untersuchungstechnischer Handhabbarkeit herzustellen. Die COACTIV-Studie z.B. fokussierte auf die Rekonstruktion von Mathematikunterricht, die Entwicklung der mathematischen Schülerkompetenz und vor allem auf die Erfassung eines Teils des Professionswissens (als Teil professioneller Handlungskompetenzen) der Lehrkräfte. Das Mehrebenenmodell der COACTIV-Studie lässt sich für Physikunterricht adaptieren. Die allgemeinen Zielkriterien für Mathematikunterricht (Ebene I in Abbildung 1) können jeweils durch Ziele ersetzt werden, die auf Physikunterricht bezogen sind. Eine Beschreibung der jeweiligen Ebenen lässt sich u.a. den folgenden Arbeiten zuordnen: Schulsystem: Klemm (2004); Lehrermerkmale: Terhart (2000), Bromme (1992), Oser & Oelkers (2001); Klassenkontext und Unterrichtsprozesse: Helmke & Weinert (1997); individuelle Lernvoraussetzungen (z. B. fachspezifische Alltagsvorstellungen, Vorwissen): Duit (1986); Stipek, Givvin, Salmon & MacGyvers (2001) und Zielkriterien des Physikunterrichts: KMK (2005); Schecker, Fischer & Wiesner (2004); Gräber & Bolte (1997); Fischer (1998).

Ein größerer Ausschnitt des Physikunterrichts ist bislang nur in wenigen Studien in den Blick genommen worden, die sich außerdem noch auf einer eher deskriptiven Ebene bewegen. Reyer (2004) hat in einer Videostudie im Physikunterricht der Klassen 8 und 9 des Gymnasiums über 1,5 Jahre Unterrichtsqualität nach Clausen (2000) gemessen (Abbildung 2) und in einer Untersuchung der Sichtstruktur zwei Gruppen von Lehrpersonen unterscheiden können, eine schüler- oder lernprozessorientierte und eine lehrer- bzw. inhaltsorientierte Gruppe (Reyer, 2004, S. 221). In Übereinstimmung mit Seidel et al. (2002) ist der un-

tersuchte Physikunterricht nach den Daten der Sichtstrukturkodierung durch lehrerzentriertes, erarbeitendes und vertiefendes Klassengespräch unter Schülerbeteiligung geprägt. Schülerarbeitsphasen sind in diesen Unterricht eingebunden, Experimente stehen nicht im Mittelpunkt. Die Lehrerinnen und Lehrer verfolgen im Wesentlichen die Unterrichtsziele „Lernen durch Eigenerfahrung“ und „Theorie- oder Konzeptbildung“. Lehrziele wie „Problemlösen“ und „Konzeptwechsel“ kommen nur selten vor. Die wesentlichen kognitiven Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler können mit „Finden/Beschreiben des Neuen“, Anwenden/Konkretisieren/Transferieren“ und „Plan/Ziel erarbeiten“ beschrieben werden. Die auch von den KMK-Standards geforderten Aktivitäten „Interpretieren/Vergleichen/Überprüfen“, Entscheiden/Akzeptieren/Eingliedern“ und „Abgrenzen/Unterscheiden“ kommen im untersuchten Physikunterricht fast nicht vor (Reyer 2004, S. 222 ff.). Im Rahmen einer begleitenden Studie zu TIMSS 1999 wurde Naturwissenschaftsunterricht in 5 Ländern mittels Videoanalyse verglichen. Auch in dieser Untersuchung des Unterrichts in Jahrgang 8 wurden Konstrukte untersucht, die als Aspekte der Tiefenstruktur verstanden werden können, und Unterschiede in der Unterrichtsorganisation, der Repräsentation der Inhalte und der Lerngelegenheiten für die Schülerinnen und Schüler der beteiligten Länder festgestellt. Allerdings wurde kein Zusammenhang zu Personenmerkmalen untersucht, eine Aussage über die Unterrichtsqualität konnte deshalb nicht getroffen werden (vgl. Roth et al., 2006).

Duit (2005, 12) fasst als Ergebnisse einer Videostudie, die den Physikunterricht in Deutschland und der Deutschschweiz untersucht hat, bezüglich Unterrichtsqualität wie folgt zusammen: „Die Zusammenhänge zwischen bestimmten Kennzeichen bzw. Mustern des Unterrichts und der Entwicklung der fachlichen Leistung sind komplex. Es gibt den Erfolg einer bestimmten Methode bzw. eines bestimmten Unterrichtsmusters offenbar nicht.“ Ausführlich beschrie-

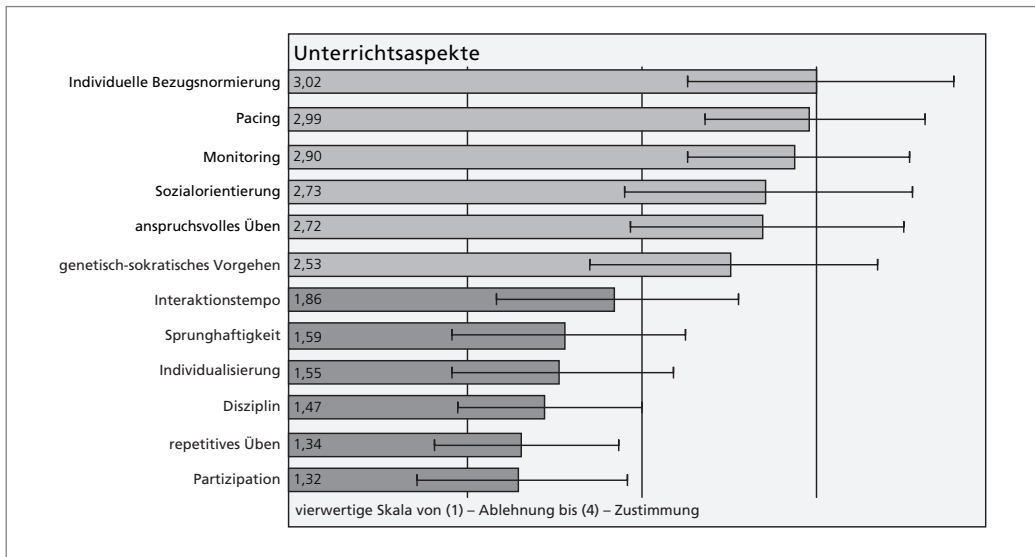


Abb. 2: Aspekte der Unterrichtsqualität nach Clausen (2002).

ben werden konnten das Experimentieren im Physikunterricht (Tesch & Duit, 2004) und die Sachstruktur (Brückmann, 2009), allerdings ebenfalls ohne eine Verbindung zwischen diesen Konstrukten und Outputvariablen herstellen zu können. Als typisch für eine Physikstunde im Anfangsunterricht werden Demonstrationen dargestellt, eingebettet in ein Klassengespräch, und Schülerexperimente, die im Mittel eher lehrerorientiert sind. Der Verlauf des untersuchten Physikunterrichts wird von der Einbettung der Experimentalphasen bestimmt. Die Untersuchung bleibt ebenfalls eher beschreibend und die von Duit (2005, S.13) berichteten Schlussfolgerungen bezüglich Unterrichtsqualität haben mehr allgemeindidaktischen Charakter. Sie sind nicht an a priori formulierten, aus der Literatur abzuleitenden Qualitätskriterien orientiert. Über Ergebnisse des deutsch-schweizerischen Vergleichs wurde bisher nicht ausführlich berichtet.

Im Rahmen des Projekts „Professionsentwicklung und lernprozessorientierte Fortbildung von Physiklehrern“ der nwu-essen wurde eine entsprechende Fortbildung entwickelt, durchgeführt und auf ihre Wirksamkeit untersucht (Wackermann, 2008; Wackermann et al., 2009). Es konnten spezifische Bezie-

hungen zwischen den Ebenen Lehrer-Schüler hergestellt werden. Der Begriff der Lernprozessorientierung wird in diesem Projekt durch die Theorie der Basismodelle von Oser & Baeriswyl (2001) operationalisiert. Die Unterrichtsziele der teilnehmenden Lehrer standen im Mittelpunkt eines umfangreichen, ein Jahr dauernden Lehrertrainings. Das Design der Fortbildung greift zurück auf Ideen von Wahl (2002) und Fischler et al. (2002). Ein wichtiges Mittel der Fortbildung sind Videoaufzeichnungen des Unterrichts und darauf basierendes Feedback. Die von Oser & Baeriswyl (2001) *Basismodelle* genannten Lernwege werden als Lernziele operationalisiert. Für den Physikunterricht haben sich in Voruntersuchungen die Lernwege „Lernen durch Eigenerfahrung“ (Reyer, 2004), „Problemlösen“ (Laudan, 1996) sowie „Konzeptbildung“ (Hewitt, 1999) als besonders wichtig herausgestellt. Die Auswahl und Planung des Lernweges, also der notwendigen Abfolge von Lernschritten, ergänzt die übliche Unterrichtsplanung für Lehrpersonen (Inhalt und Methodik). Lehrer- und Schülerhandeln werden mittels Videoanalyse, getrennt nach Lehrern und Schülern, aber mit demselben Categoriesystem, in der Tiefenstruktur analysiert. Zusätzlich wird ein Fragebogen zur

Unterrichtsqualität nach Clausen (2000) eingesetzt. Im Bereich der Schülerkognitionen werden Interesse, Motivation, Selbstkonzept, empfundene Klarheit und Strukturiertheit, Verständlichkeit sowie gefühltes Mitkommen bzw. Pacing untersucht. Aufgrund dieser Daten wird für jede Variable ein Gesamtmaß gebildet, um damit die kognitiven und motivationalen Elemente sowie die Handlungen auf Lehrer und die Schülebene korrelativ miteinander zu verknüpfen. Daraus lassen sich Hypothesen über die Verbindung von Lehrerbeliefs, Lehrerhandeln, Schülerhandeln sowie Schülerkognitionen gewinnen (Trendel, Wackermann & Fischer, 2008).

Die Fortbildungsmaßnahme zeigt zunächst eine Wirkung auf das Lehrer und Schülerhandeln. Als Beispiel sei hier die Entwicklung der Passung zwischen den Niveaus der Angebote der Lehrerinnen und Lehrer und denen der Reaktionen der Schülerinnen und Schüler genannt (Trendel, Wackermann & Fischer, 2008). Im Verlauf der Fortbildung haben sich die Lehrerinnen und Lehrer dem Niveau der Lernenden angepasst, die anfängliche Überschätzung des Niveaus bei den Gymnasiallehrkräften (Abbildung 3a) konnte korrigiert werden, bei den Gesamtschullehrkräften (Abbildung 3b) ist eine ständige Steigerung zu erkennen, und die Lernenden reagieren

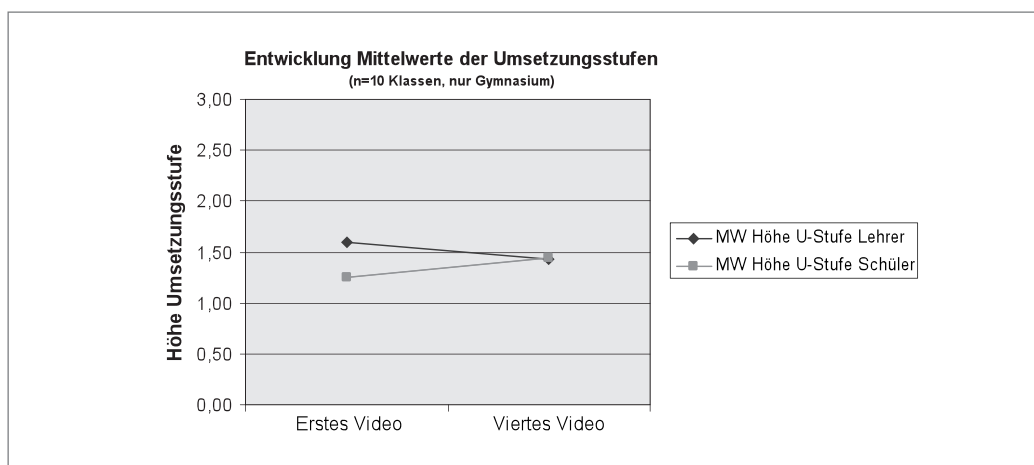


Abb. 3a: Die Entwicklung der Passung zwischen Lehrkräften und Lernenden.

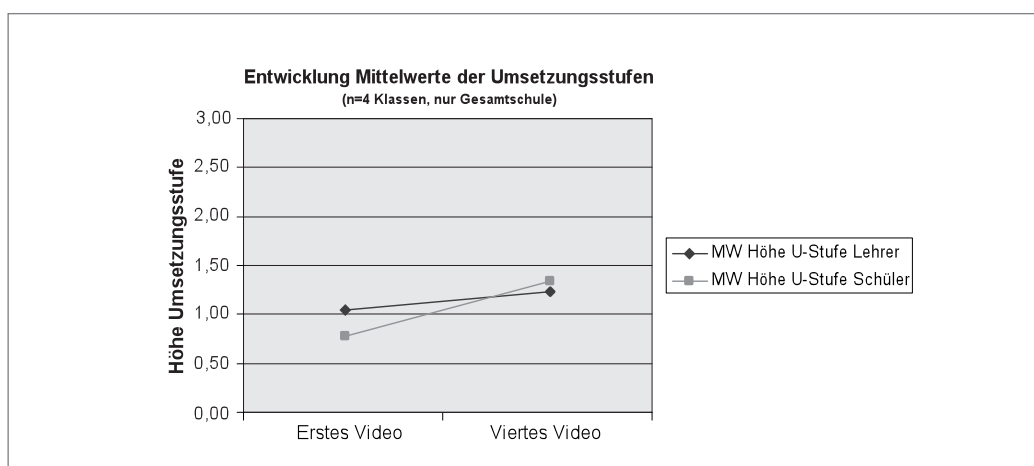


Abb. 3b: Die Entwicklung der Passung zwischen Lehrkräften und Lernenden.

darauf mit einer Steigerung des mittleren Niveaus der kognitiven Aktivierung.

In eine ähnliche Richtung weisen die Ergebnisse des Projekts „Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht“. Es wurde die Wirkung der von Lehrkräften im Unterricht geleisteten Vernetzung von Inhalten auf die Vernetzungsleistung von Schülerinnen und Schülern im Chemie- Physik und Biologieunterricht untersucht. Vertikale Vernetzung wird dabei als Lehr-Lern-Prozess verstanden, bei dem vom Lehrer angebotene fachinhaltliche Strukturen vom Schüler kognitiv verarbeitet werden. Dabei stehen die vom Lehrer eingebrachten Wissensstrukturen und die kognitiven Operationen der Schüler bei der Verarbeitung dieser Strukturen im Vordergrund: Es werden sechs Stufen der Komplexität von Wissensstrukturen, die sogenannten Vernetzungsniveaus, benannt: „ein Fakt“ (1), „mehrere Fakten“ (2), „ein Zusammenhang“ (3), „mehrere Zusammenhänge“ (4), „mehrere verbundene Zusammenhänge“ (5) und „übergeordnetes Konzept“ (6). Als kognitive Strategien der Schüler bei der Verarbeitung der angebotenen Strukturen wurden drei Aktivitäten, die sogenannten Vernetzungsaktivitäten unterschieden: Erinnern, Strukturieren und Explorieren. Eine ausführliche Beschreibung des Modells findet sich bei Fischer, Glemnitz, Kauertz und Sumfleth (2006) oder Neumann, Fischer und Sumfleth (2008).

Zur Beschreibung vertikaler Vernetzung im Chemie- und Physikunterricht wurde jeweils eine Unterrichtsstunde in Chemie bzw. Physik für etwa 100 Klassen an nord-rhein-westfälischen Gymnasien videografiert und analysiert. Die Videos wurden anschließend in zwei Kodierzyklen getrennt nach Lehrer- und Schülerebene ausgewertet. Dazu wurde allen (fachlichen) Lehrer- bzw. Schüleräußerungen ein Vernetzungsniveau und eine Vernetzungsaktivität wie oben beschrieben zugeordnet.

In einem ersten Schritt wurden die Lehrkräfte für jedes Fach mithilfe eines modifizierten Rangsummenverfahrens auf Grundlage der von ihnen im Verlauf des Unterrichts angebotenen Vernetzungsniveaus in eine Rangordnung gebracht. Dabei konnten hoch und niedrig vernetzende Lehrkräfte unterschieden werden. Eine analog durchgeführte Analyse der Vernetzungsniveaus der Schülerinnen und Schüler in den entsprechenden Klassen ergab ebenfalls eine Rangordnung, in der hoch und niedrig vernetzende Klassen unterschieden werden konnten. Zwischen den Ranglisten der Lehrkräfte und der Schülerinnen und Schüler ergab sich ein mittlerer Zusammenhang ($p^1=0.58$; $N=54$; $p<0,01$) für Chemie und ein gerade mittlerer Zusammenhang ($p=0.43$; $N=51$; $p<0,01$) für Physik.

Zur Untersuchung des Einflusses vertikaler Vernetzung auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler wurden zunächst, anhand der Ranglisten der Lehrkräfte, für jedes Fach fünf Lehrkräfte mit überdurchschnittlicher und fünf mit unterdurchschnittlicher vertikaler Vernetzung ausgewählt. Zur Untersuchung des Einflusses vertikaler Vernetzung auf die Wissensstruktur von Schülerinnen und Schülern wurde, basierend auf dem Modell vertikaler Vernetzung, ein entsprechender Leistungstest entwickelt (Kauertz & Fischer, 2006). Der Test bildet die KMK-Standards (2005) ab, bezieht die kognitiven Funktionen der Schülerinnen und Schüler ein, die zum Lösen der Aufgaben nötig sind und er berücksichtigt ein hierarchisches Komplexitätsmodell (s. Abbildung 4; vgl. Kauertz, 2008).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Aufgaben das Stufenmodell und die kognitiven Aktivitäten zufriedenstellend abbilden. Die hierarchisch mit zunehmender Komplexität angeordneten Vernetzungsniveaus sind positiv mit der Aufgabenschwierigkeit korreliert (vgl. Kauertz, 2008). Der Test erfasst damit, in wieweit Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, die komplexen Inhalte des Faches Physik zu

¹ p ist hier der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman, also ein Maß für den monotonen Zusammenhang zwischen zwei nicht normalverteilten, intervallskalierten Variablen bei kleinen Stichproben.

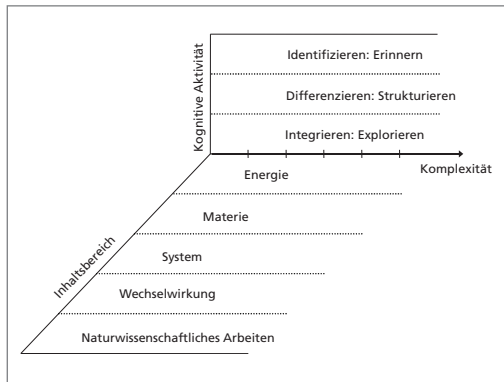


Abb. 4: Ein Kompetenzmodell für Physikkompetenz in der Sekundarstufe I nach Kauertz (2008).

einander in Beziehung zu setzen. In diesem Sinne kann der von Kauertz & Fischer (2006) entwickelte Test als Kompetenztest für den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen aufgefasst werden (vgl. Neumann et al., 2007). Das Modell wird, leicht modifiziert, zur Normierung der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern eingesetzt (Walpuski et al., 2008).

Ein Vergleich der mit Hilfe dieses Tests erfassten Schülerfähigkeit zwischen Schülerinnen und Schülern der Lehrkräfte mit hoher bzw. niedriger vertikaler Vernetzung zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler von Lehrkräften mit hoher vertikaler Vernetzung auch eine höhere Fähigkeit zur Vernetzung im Test zeigen ($t=-3,721$, $df=196$, $p<0,001$). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass für diese Klassen auch ein höheres Interesse an bzw. eine höhere Motivation für Physik festgestellt wurde ($t=-6,708$, $df=180$; $p<0,001$). Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass im Vergleich zwischen den Fächern Physiklehrkräfte eine höhere mittlere Vernetzungsleistung aber auch eine höhere diesbezügliche Varianz zeigen als Chemielehrkräfte, in Chemie allerdings kein Unterschied in der Leistung zu verzeichnen ist. Das legt die Vermutung nahe, dass die Passung des Lehrangebots zu den Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler und die systematische Steigerung der Vernetzung im Einklang mit ihren Fähigkeiten von

größerer Bedeutung ist als nur das Niveau der Vernetzungsleistung der Lehrkraft (vgl. Neumann, Fischer & Sumfleth, 2008). Dieser Vermutung wird in einer Folgeuntersuchung nachgegangen, indem in einer Reanalyse der zugrunde liegenden Videodaten die Niveaus des Lehrangebots mit den Niveaus der jeweiligen Schülerantworten verglichen werden (Lau, Neumann, Fischer & Sumfleth, 2009). Es zeigt sich, dass sowohl die Passung bei einzelnen Aufgaben als auch die systematische Steigerung des Anspruchs auf Lehrerseite positiv mit den Indikatoren zu Unterrichtsqualität korrelieren.

Die Komplexität des *Fachunterrichts* erfordert zur Berücksichtigung und Kontrolle der Vielzahl verschiedener Variablen geeignete Messinstrumente. Dabei sind hoch-inferente Videoanalyse-systeme ebenso wichtig wie darauf abgestimmte Testinstrumente zur Erfassung von Lernerfolg, um Unterrichtsqualität zu beschreiben und entsprechende Interventionen planen und evaluieren zu können. Eine ausreichende Testgüte der Video- und Test-Instrumente ist sicherzustellen, um die Ergebnisse sinnvoll interpretieren zu können. Das betont die Notwendigkeit, Modelle für Unterrichtsqualität oder einzelne Aspekte von Unterrichtsqualität theoretisch zu begründen und, darauf aufbauend, spezifische, aufeinander abgestimmte Instrumente zu entwickeln, die eine Erfassung von Aspekten des Unterrichts bzw. seinen Rahmenbedingungen oder Resultaten ermöglichen. Ziel ist eine ganzheitliche Beschreibung des Konstrukts Unterricht durch die analytische Beschreibung des Zusammenhangs zwischen den Ebenen, die Unterricht konstituieren. Zusammenfassend ergibt sich das in Abbildung 5 dargestellte Modell für Unterrichtsqualität. Die Faktoren der Ebenen werden, wie dargestellt, je nach Untersuchung durch Frageinstrumente, Tests, Categoriesysteme und/oder Sachstrukturanalysen operationalisiert. Abbildung 5 zeigt ein mögliches Modell, das den jeweiligen Zielen und Möglichkeiten von Projekten angepasst werden kann. Außerdem lassen sich an diesem Modell bei größeren Vorhaben

die enthalten Teilprojekte im Zusammenhang darstellen. Auf Basis dieses Modells wird derzeit im Projekt *Quality of Instruction in Physics* Physikunterricht in drei Ländern analysiert. Die Ergebnisse werden im Laufe des Jahres 2010 vorgestellt werden können. Abbildung 5 zeigt das Modell für die im Quip-Projekt untersuchten Variablen auf den drei Ebenen Lehrer, Unterricht und Schüler die über die Operationalisierung der Konstrukte verknüpft werden. Die einzelnen Konstrukte des Modells sind daran orientiert, was in der Literatur als qualitätsrelevant herauszuarbeiten ist. Eine Kontrolle der verschiedenen Ebenen findet über den Output statt. Die Kästen enthalten die Namen der untersuchten Konstrukte und die Herkunft der Fragebögen (FB) bzw. Testinstrumente. Im Bereich der Videoanalyse des Unterrichts werden selbst entwickelte oder adaptierte Categoriesysteme eingesetzt, die den entsprechenden Konstrukten auf Lehrer- oder Schülerseite entsprechen. Das Konstrukt *PCK*, operationalisiert durch einen entsprechenden Test, wird auf der Ebene der Lehrerfähigkeiten mit *CK* in Beziehung gesetzt. Über die Konstrukte *Lernprozesse*, *motivationale Unterstützung*, *Passung und kognitive Aktivierung* wird außerdem ein

Bezug zum Unterricht hergestellt. Da zusätzlich, unter Kontrolle der kognitiven Fähigkeiten, der Lernzuwachs der zum Lehrer bzw. zur Lehrerin gehörenden Klassen bezüglich einer Intervention bekannt ist, kann überprüft werden, ob Lehrerinnen und Lehrer mit hohem CK und PCK die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler besser unterstützen als andere und ob diese Unterstützung Auswirkungen auf den Lernzuwachs zeigt. Das Modell kann für andere Untersuchungsbedingungen und Forschungsfragen jeweils modifiziert werden.

Ausblick

An den Ergebnissen und dem Design der großen internationalen Vergleichsuntersuchungen aber auch aus verschiedenen Studien mit Videoanalysen wird deutlich, dass Aussagen über die Qualität von Unterricht und seine Optimierung nur begrenzt möglich sind, wenn nur die außerunterrichtlichen Bedingungebenen berücksichtigt werden oder ausschließlich der Unterricht beschrieben wird. Im ersten Fall können nur Aussagen über den Leistungsstand von Schülerinnen und Schülern gemacht wer-

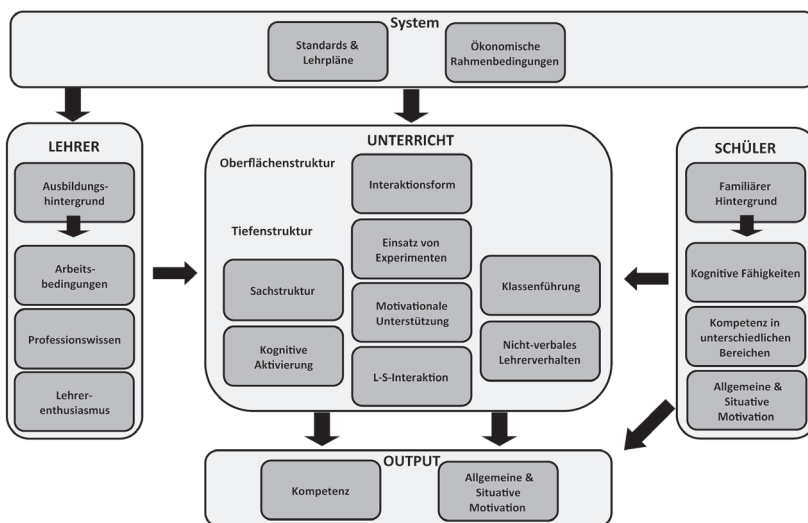


Abb. 5: Ein projektspezifisches Modell für Unterrichtsqualität.

den, wobei ein Systemvergleich mit korrelativen Befunden nur Vermutungen über die Ursachen von Defiziten ermöglicht. Reine Videoanalysen oder Unterrichtsbeobachtungen wiederum lassen nur deskriptive Vergleiche des Unterrichts zu und ebenfalls keine Ursachenforschung. Um die Wirkung von Lehr- und Lernprozessen bis auf die Unterrichtsebene zu verfolgen, müssen die Bedingungen und Ergebnisse von Unterricht zueinander in Beziehung gesetzt werden. Ein empirisch abgesichertes Modell von Unterrichtsqualität, das wesentliche Bedingungen, Merkmale und Zielkriterien von Unterricht berücksichtigt, ist notwendige Voraussetzung hierfür und damit auch für die Optimierung von Unterricht durch Lehreraus- und -weiterbildung. Wichtige Konstrukte auf den jeweiligen Ebenen, wie z. B. Schülerkompetenz bezüglich bestimmter Fächer und Lehrerprofessionswissen auf der Ebene des Individuums, fachspezifische und allgemeine Merkmale der Unterrichtsdurchführung, Lehrer- und Schülerhandeln und die kognitive Aktivierung von Schülerinnen und Schülern auf der Unterrichtsebene und die fachbezogenen systemischen Bedingungen bieten Ansätze, um die Bedingungebenen von Unterricht mit seinen Wirkungen zu verknüpfen. Dabei geraten wir in eine prinzipielle epistemologische Debatte über die hierzu notwendigen theoretischen Modelle. Heuristische Modelle, wie sie oft in der Pädagogik entwickelt werden, um die Funktionsweise großer Systeme zu beschreiben, wie etwa das in dem sich Schulen befinden, mögen plausibel erscheinen, sind aber meist empirisch nicht zu erfassen. Um zum Beispiel ein Strukturgleichungsmodell zu testen, werden für einen Parameter mindestens 10 Testindividuen benötigt. Modelle mit 20 Variablen und wenigstens je zwei Parametern (0 oder 1) sind nicht ungewöhnlich. Wird in einem solchen Modell auf Klassenebene verglichen, werden Daten über 400 Klassen, ihre etwa 12000 Schülerinnen und Schüler und die zugehörigen Schulen benötigt, Stichprobengrößen, die nur für wenige forschende Einheiten in unserem

Bereich zu bewältigen sind. Die Anzahl der Parameter erlaubt also in der Regel keine Validierung dieser Modelle.

Die in der Lehr- Lernpsychologie benutzten Modelle beschreiben dagegen, im Vergleich zu Unterricht, oft sehr einfache Situationen. Problemlösen mit einer großen Zahl von Schülerinnen und Schülern untersucht, generiert gegebenenfalls valide Resultate, aber ein Transfer auf Klassenraumsituationen ist nicht ohne Weiteres möglich. Häufig sind die in der experimentellen Psychologie benutzten Aufgaben weniger komplex als im naturwissenschaftlichen Unterricht benutzte Lernaufgaben. Außerdem können Untersuchungen, die komplexere Aufgaben benutzen, die Ergebnisse oft nicht bestätigen und systematisch kontrollierte Implementationen der Ergebnisse aus Laborsituationen wurden bisher selten durchgeführt (Klahr, Triona, & Williams, 2007; Leopold, den Elzen-Rump & Leutner, 2007; Leopold & Leutner, 2002). Es kann deshalb nicht ausgeschlossen werden, dass eine Änderung der Umgebung den Charakter und die Wirkung einer Intervention, z. B. einer im Labor untersuchten Aufgabe, ändert.

Eine Balance zwischen plausiblen aber intuitiven und validen aber eher trivialen Modellen zu finden, ist eine Herausforderung speziell für die fachdidaktische Forschung. Die Domäne spielt auf Unterrichtsebene als Konstituierende der Reduktion und Rekonstruktion mit einer spezifischen Struktur, und auf der individuellen Wissensebene, mit spezifischen, auf das Fach bezogenen Lernprozessen, immer eine entscheidende Rolle bei der Beurteilung von Unterrichtsqualität. Bedingung zur Lösung des Problems ist zunächst die Entwicklung valider Konstrukte und Erhebungsinstrumente auf den genannten Untersuchungsebenen, damit die Ergebnisse überhaupt aufeinander bezogen werden können. Die Bedingungen für entsprechende Untersuchungsdesigns und -einheiten sind gut. Zahlreiche fachdidaktische Forschungsprojekte und Projekte in der empirischen Unterrichtsforschung und Lehr- Lernforschung beschäftigen sich inzwischen mit Strukturen

und Untersuchungseinheiten, die über eine Ebene der Betrachtung von Lehr- Lernprozessen im Unterricht hinausgehen. Häufig werden Variablen betrachtet, die unterschiedlichen Ebenen zugeordnet werden können. Daten solcher hierarchischer Strukturen, etwa Schüler-Lehrer-Klasse-Schule, können mit Strukturgleichungsmodellen in Bezug zueinander analysiert werden, um zum Beispiel Wirkungszusammenhänge zwischen der Individualebene (z. B. Kompetenz, Motivation, kognitive Aktivität, Unterrichtshandeln usw.) und der Unterrichtsebene (Merkmale von Unterrichtsqualität, mittlere kognitive Aktivität usw.) zu finden, um Unterricht und Lehreraus- und weiterbildung optimieren zu können. Die Berücksichtigung einer Mehrebenenstruktur wird zum einen der Komplexität von Unterricht gerechter und verringert zum anderen die Gefahr des Über- oder Unterschätzens einzelner Ursachen von Unterschieden zwischen den Einheiten der untersuchten Stichproben. Es wird dadurch besser als bisher möglich werden, die Bedeutung einzelner Konstrukte für Unterrichtsqualität einzuschätzen und, da diese Konstrukte für die Videoanalyse als Unterrichtshandlungen operationalisiert sind, empirisch begründete Handlungsempfehlungen für Lehrerinnen und Lehrer und ihre Ausbildung zu geben.

Literatur

- Baumert, J. & Köller, O. (2000). Motivation, Fachwahlen, selbstreguliertes Lernen und Fachleistungen im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), *Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Kapitel IV in Band II: TIMSS – Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe* (S. 181-213). Opladen: Leske + Budrich.
- Bliemel, F.W., Eggert, A., Fassott, G. & Henseler, J. (2005). *Handbuch PLS-Pfadmodellierung. Methode, Anwendung, Praxisbeispiele*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Borowski, A., Fischer, H. E., Trendel, G. & Wackerkermann, R. (2010). 45 Minuten reichen nicht aus. In *Pädagogik* (03/10): *Alternativen zur 45-Minuten-Stunde*, 26-29.
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte*. Bern: Hans Huber.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In Weiner, F. (Ed.), *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S. 177-212). Göttingen: Hogrefe.
- Clausen, M. (2000). *Wahrnehmung von Unterricht, Übereinstimmung, Konstruktvalidität und Kriteriumsvalidität in der Forschung zur Unterrichtsqualität*. Dissertation am Fachbereich Erziehungswissenschaften und Psychologie der Freien Universität Berlin.
- Clausen, M. (2002). Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive?. In D.H. Rost (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie*, 29. Münster: Waxmann.
- Dann, H. D. (1989). Was geht im Kopf des Lehrers vor? Lehrerkognitionen und erfolgreiches pädagogisches Handeln. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 36, 81-90.
- Ditton, H. (1998) *Mehrebenenanalyse. Grundlagen und Anwendungen des Hierarchisch Linearen Modells*. Weinheim: Juventa.
- Ditton, H. (2000). Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung in Schule und Unterricht: Ein Überblick zum Stand der empirischen Forschung. In A. Helmke, W. Hornstein & E. Terhart (Eds.), *Qualität und Qualitätssicherung im Bildungsbereich: Schule, Sozialpädagogik, Hochschule. Zeitschrift für Pädagogik, 41. Beiheft*, 73-92.
- Ditton, H. (2002). Unterrichtsqualität – Konzeptionen, methodische Überlegungen und Perspektiven. *Unterrichtswissenschaft* 30/3, 197-212.
- Doll, J. & Prenzel, M. (2001). Das DFG-Schwerpunktprogramm "Bildungsqualität von Schule" (BIQUA): Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und Überfachlicher Kompetenzen. In *TIMSS: Impulse für Schule und Unterricht – Forschungsbefunde, Reforminitiativen, Praxisberichte und Videodokumente* (S. 99-104). Bonn: BMBF.
- Duit, R., Jung, W., Rhöneck, Chr. v. (Hrsg), Alltagsvorstellungen. *Themenheft April 1986 der Zeitschrift Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie*.
- Eder, F. (1996). Schul- und Klassenklima. Ausprägung, Determinanten und Wirkungen des Klimas an höheren Schulen. *Studien zur Bildungsforschung und Bildungspolitik*. 8, 262-270.

- Einsiedler, W. (2008). *Was ist „Didaktische Entwicklungsforchung“?* Vortrag auf der Tagung Grundschulforschung, Wuppertal.
- Einsiedler, W. (1997). Unterrichtsqualität und Leistungsentwicklung. In F.E. Weinert, & A. Helmke (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 225-240). Weinheim: PVU.
- Fend, H. (1998). *Qualität im Bildungswesen: Schulforschung zu Systembedingungen, Schulprofilen und Lehrerleistung*. Weinheim: Juventa.
- Fischer H. E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Tiemann, R. & Wirth, J. (2003). Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 179-208.
- Fischer, H. E. (1998). Scientific Literacy und Physiklernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(2), 41-52.
- Fischer, H. E., Borowski A., & Tepner, O. (in press). Professional knowledge of science teachers. In B.J. Fraser, K. Tobin, & C. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education*, Berlin: Springer.
- Fischler, H., Schröder, H.-J., Tonhäuser, C., & Zedler, P. (2002) „Unterrichtsskripts und Lehrerexpertise: Bedingungen ihrer Modifikation“. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft 157-172.
- Getzels, J. W. & Jackson, P. W. (1970). Merkmale der Lehrerpersönlichkeit. In K. Ingenkamp (Hrsg.), *Handbuch der Unterrichtsforschung, Bd. II* (S. 1353-1526). Weinheim: Beltz.
- Gräber, W. & Bolte, C. (Hrsg.) (1997): *Scientific literacy, an international Symposium*, Kiel: IPN.
- Groeben, N., Wahl, D., Schlee, J. & Scheele, B. (1988). *Forschungsprogramm Subjektive Theorien. Eine Einführung in die Psychologie des reflexiven Subjekts*. Tübingen: Francke.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Gruehn, S. (2000). *Unterricht und schulisches Lernen: Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung*. Münster: Waxmann.
- Helmke, A. & Weinert, F. E. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistung. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S. 71-176). Göttingen: Hogrefe.
- Helmke, A. (2003). *Unterrichtsqualität, Erfassen, Bewerten, Verbessern*. Seelze: Kallmeyer.
- Hewitt, P. (1999). *Conceptual Physics: The High School Instruction Program* (3rd ed.), Menlo Park, CA: Scott Foresman Addison Wesley.
- Kauertz, A. (2008). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.) *Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 79*, Berlin: Logos.
- Kauertz, A. & Fischer, H. E. (2006). Assessing Students' Level of Knowledge and Analysing the Reasons for Learning Difficulties in Physics by Rasch Analysis. In X. Liu (Eds.), *Applications of Rasch Measurement in Science Education* (pp. 212-246). Maple Grove: JAM press.
- Klahr, D., Triona, L.-M., & Williams, C. (2007). Hand on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design projekt by middle school children. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 183-203.
- Klemm, K. (2004). Zur Qualität des Schulsystems im 21. Jahrhundert. In U. Popp & S. Reh (Hrsg.), *Schule forschend entwickeln* (S. 181-192). Weinheim: Beltz.
- KMK (2005a) Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.), *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz – Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*. München: Luchterhand.
- KMK (2005b) Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.), *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Jordan, A. & Löwen, K. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 31-53). Waxmann: Münster 2004.
- Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik- Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 29 (3/4), 223-258.
- Lau, A., Neumann, K., Fischer, H. E. & Sumfleth, E. (2009). Einfluss von Passung von Aufgaben und Antworten auf Schülerleistung. In D. Höttecke, *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehrerbildung* (S. 304-307), Münster: Lit.
- Laudan, L. (1996). *Beyond Positivism and Relativism: Theory, Method, and Evidence*. Boulder: Westview Press.
- Leopold, C., & Leutner, D. (2002). Der Einsatz von Lernstrategien in einer konkreten Lernsituation bei Schülern unterschiedlicher Jahrgangsstufen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, 240-258.

- Leopold, C., den Elzen-Rump, V., & Leutner, D. (2007). Self-regulated learning from science texts. In M. Prenzel (Ed.), *Studies on the educational quality of schools. The final report on the DFG Priority Programme* (S. 221–238). Münster: Waxmann.
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In C. Allemann-Ghionda & E. Terhart (Eds.), *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern: Ausbildung und Beruf* (S. 47–70). Weinheim: Beltz.
- Neumann, K., Trendel, G. & Fischer, H. E. (2006). Vernetzungspotential des Lehrplans Naturwissenschaft in NRW. In A. Pitton (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Lehren und Lernen mit neuen Medien* (S. 132–134). Münster: Lit.
- Neumann, K., Kauertz, A., Lau, A., Notarp, H. & Fischer, H. E. (2007). Die Modellierung physikalischer Kompetenz und ihrer Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 125–143.
- Neumann, K., Fischer, H. E. & Sumfleth, E. (2008). Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht. In E.-M. Lankes, *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung* (S. 141–151), Münster: Waxmann.
- Oser, F. & Oelkers, J. (Hrsg., 2001). *Die Wirksamkeit der Lehrerbildungssysteme. Von der Allrounderbildung zur Ausbildung professioneller Standards*. Zürich: Rüegger.
- Oser, F. (2001). Standards: Kompetenzen von Lehrpersonen. In F. Oser & J. Oelkers (Hrsg.), *Die Wirksamkeit der Lehrerbildungssysteme. Von der Allrounderbildung zur Ausbildung professioneller Standards*. Zürich: Rüegger.
- Oser, F., Dick, A. & Patry, J. (Eds.) (1992). *Effective and responsible teaching: The new synthesis*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rolff, H.-G., Rost, J. & Schiefele, U. (Hrsg.), (2004). *PISA 2003: Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann.
- Reyer, T. (2004). Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.) *Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 32*, Berlin: Logos.
- Rheinberg, F. (1992). Kognitive Analysekonzepte in der Lehrerforschung: Bezugsnorm-Orientierung, Handlungsrekonstruktion und Subjektive Theorien. In K.H. Ingenkamp, R.S. Jäger, H. Petillon, & B. Wolf (Hrsg.), *Empirische Pädagogik 1970–1990. Eine Bestandsaufnahme der Forschung in der Bundesrepublik*. (S. 521–527). Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2008). Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Messung professioneller Handlungskompetenz bei (angehenden) Physiklehrkräften. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 1(2), 625–640.
- Rosenshine, B. & Stevens, R. (1986) Teaching functions. In M. C. Wittrock (Eds.), *Handbook of research on teaching*. New York: Macmillan.
- Roth K. L., Druker, S. L., Garnier, H. E., Lemmens, M., 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 Video Study, Statistical Analysis Report*. Washington D. C.: U. S. Department of Education.
- Schecker, H., Fischer, H. E. & Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In H.-E. Tenorth (Hrsg.), *Kerncurriculum Oberstufe II. Expertisen – im Auftrag der KMK* (S. 148–235). Weinheim: Beltz.
- Scott, P. & Mortimer, E. (2005). Meaning making in school science classrooms: a framework for analysing meaning making interactions. In G. Boersma, O. De Jong & H. Eijkelhof, (Ed.) *Research and the quality of science Education* (pp. 395–406). Berlin: Springer.
- Seidel, T., Prenzel, M. Duit, R. Euler, M. Geisler, H., Hoffmann, L., Lehrke, M., Müller, C.T. & Rimmel, R. (2002). "Jetzt bitte alle nach vorne schauen!" – Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. *Unterrichtswissenschaft 30*, 52–77.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4–14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Stipek, D. J., Givvin, K. B., Salmon, J. M. & MacGyvers, V. L. (2001). Teachers' beliefs and practices related to mathematics instruction. *Teaching and Teacher Education*, 17(2), 213–226.
- Sumfleth, E., Fischer, H. E., Glemnitz, I. und Kauertz, A. (2006). Ein Modell vertikaler Vernetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In A. Pitton (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Lehren und Lernen mit neuen Medien* (S. 219–221). Münster: Lit.

- Terhart, E. (Ed.) (2000). *Perspektiven der Lehrerbildung in Deutschland. Abschlussbericht der von der Kultusministerkonferenz eingesetzten Kommission*. Weinheim: Beltz.
- Trendel, G., Wackermann, R. & Fischer, H. E. (2008). Lernprozesse im Physikunterricht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54, 322-340.
- Wackermann, R. (2008). Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.) *Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 75*, Berlin: Logos.
- Wackermann, R., Trendel, G., Fischer, H. E. (2009). Evaluation of a Theory of Instructional Sequences for Physics. *International Journal of Science Education*, 1-23
- Wahl, D. (2002). „Mit Training vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln?“. *Zeitschrift für Pädagogik*, 48(2), 227-241.
- Walpuski, M.; Kampa, N.; Kauertz, A., & Wellnitz, N. (2008). Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. *MNU* 61(6), 323-326.
- Wang, M. C., Haertel, G. D. & Walberg, H. J. (1990). What Influences Learning? A Content Analysis of Review Literature. *Journal of Educational Research*, 84(1), 30-43.
- Wang, M. C., Haertel, G. D. & Walberg, H. J. (1993). Toward a Knowledge Base: Why, How, for Whom? *Review of Educational Research*, 63/3, 365-376.

Kontakt

Prof. Dr. Hans E. Fischer
 Universität Duisburg-Essen
 Fakultät für Physik
 Schützenbahn 70
 D-45127 Essen
hans.fischer@uni-due.de
<http://www.uni-due.de/delfischer/>

Autoreninformation

Dr. rer. nat. Hans Ernst Fischer ist Professor für Didaktik der Physik in der Fakultät für Physik der Universität Duisburg-Essen und Sprecher der DFG-Forschergruppe naturwissenschaftlicher Unterricht. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der fachspezifischen Unterrichtsforschung, der fachspezifischen Analysen zur Lehrerverprofessionalisierung unter Berücksichtigung von Lernvoraussetzungen und Lernergebnissen.

Dr. paed. Andreas Borowski ist abgeordneter Lehrer in der AG Didaktik der Physik von Prof. Fischer an der Fakultät für Physik der Universität Duisburg-Essen und Mitantragsteller in der DFG-Forschergruppe naturwissenschaftlicher Unterricht. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der fachspezifischen Lehrer-Professionswissenschaftsforschung, sowie Schülerkompetenzen in der Sekundarstufe II.

Dr. rer. nat. Alexander Kauertz ist Professor für naturwissenschaftliches Lernen mit Schwerpunkt Physik an der Pädagogischen Hochschule Weingarten. Seine Forschungsschwerpunkte sind Physikkompetenzmodellierung und -diagnose in der Sekundarstufe sowie Unterrichtsanalysen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Primarstufe.

Dr. paed. Knut Neumann ist Professor für Didaktik der Physik am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und der Mathematik (IPN) in Kiel. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Diagnose und Entwicklung physikalischer Kompetenz sowie Untersuchungen zur Unterrichtsqualität in Physik.

