

GEORG TRENDEL, RAINER WACKERMANN UND HANS E. FISCHER

Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik

Learning-process-oriented in-service training in physics

Zusammenfassung

Das Projekt hatte zum Ziel, Bedingungen für erfolgreiche Lernprozesse im Physikunterricht zu untersuchen sowie in einer Lehrerfortbildung Möglichkeiten zur Förderung dieser Prozesse zu trainieren. Die Grundlage dafür bildete Osers *Theorie der Basismodelle des Lehrens und Lernens*, die verschiedene Lernwege für unterschiedliche Lehrziele wie z.B. *Erfahrungslernen, Konzeptbildung und Problemlösen* fordert. Auf dieser Basis wurden Werkzeuge zur Unterrichtsanalyse sowie zur Lehrerfortbildung und ihrer Evaluation entwickelt. Als wichtigstes Instrument erwies sich eine kategorienbasierte Videoanalyse der Unterrichtsstunden, die sowohl für Forschungs- als auch für Trainingszwecke genutzt werden konnte. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass es sinnvoll ist, zielbezogen zwischen verschiedenen Lernwegen zu unterscheiden, dass jedoch wichtige Lernschritte wie Reflektion und Transfer im üblichen Physikunterricht deutlich zu kurz kommen. Verbesserungsbedarf besteht insbesondere im Bereich *Konzeptbildung*, der fast die Hälfte des beobachteten Unterrichts ausmacht. Hier ist die Vorgehensweise besonders kleinschrittig, und Schüler beurteilen Möglichkeiten der aktiven Teilnahme eher skeptisch. Fortbildungseffekte wurden sichtbar und zeigten sich besonders deutlich beim Lehrziel *Problemlösen*.

Schlüsselwörter: Lehrerfortbildung, Basismodelle, Videoanalyse, Lernprozesse, Physikunterricht

Abstract

The study intended to investigate conditions for successful learning processes in physics instruction and to enhance teachers' understanding and support of such processes by means of an in-service training. The theoretical conceptions of learning processes used were based on Oser's *Theory of Basis Models of Teaching and Learning* that proposes different learning paths for different learning goals like *learning from experience, concept-building, and problem solving*. The theory was applied to develop tools to investigate instruction and to guide in-service teacher training and its evaluation. A newly created category-based video analysis of actual lessons proved to be a powerful instrument for both research as well as for teachers to reflect their own lessons. Results indicate that it makes sense to discriminate between specific learning paths for different goals, but that important learning steps like reflections and transfers are often neglected in common physics courses. Need for improvement becomes apparent especially for *concept-building* that covers almost half of the total observed lesson time. Here instruction advances on a level of low complexity, and students judge their chances to participate actively rather skeptical. Training effects were visible and most obvious for the goal of *problem solving*.

Keywords: in-service training, basis models, video analysis, learning processes, physics instruction

1 Einleitung

Physikalische Kenntnisse galten bis vor wenigen Jahren in Deutschland nicht unbedingt als wesentliches Kennzeichen von Bildung, wenn auch als nützlich für bestimmte Berufsfelder. Heute wird ihnen jedoch auch bei uns bildungspolitisch ein wichtiger Stellenwert für ein zeitgemäßes Grundwissen eingeräumt (KMK, 2005, 6). Bezeichnungen wie Scientific Literacy oder Naturwissenschaftliche

Grundbildung implizieren inzwischen eine mit anderen elementaren Kulturtechniken wie Schreiben, Lesen und Rechnen vergleichbare Bedeutung. Diese neue Wertschätzung ist u.a. auch internationalen Vergleichsstudien wie PISA zu verdanken, in denen Ergebnisse des naturwissenschaftlichen Unterrichts zum Gradmesser der Leistungsfähigkeit von Schulsystemen gemacht werden. Durch diese

Studien wurde in Deutschland eine intensive Diskussion über die Wirksamkeit des naturwissenschaftlichen Unterrichts angestoßen. Will man die Wirkung von Unterrichtsdesigns und spezifischen Maßnahmen im Unterricht auf Schülerkognition einschätzen, fällt auf, dass es zum naturwissenschaftlichen Unterricht insgesamt und auch für den Physikunterricht zwar konzeptionelle Modelle, jedoch überraschend wenig gesichertes Wissen über die Qualität intendierter und implementierter Lernprozesse gibt. Forschung zu Kriterien guten Unterrichts beschäftigte sich bisher vornehmlich mit allgemeinen Unterrichtsmerkmalen und nahm dabei wenig Bezug auf Fachstrukturen, Fachinhalte und fachbezogene Lernprozesse. Im Fach Mathematik ergab eine vergleichende Videoanalyse mit sieben Ländern, dass Unterschiede in den Schülerleistungen nicht mit direkt beobachtbaren Merkmalen der „Sichtstruktur“ wie Unterrichtsstilen, Sozialformen usw. erklärt werden konnten (Pauli & Reusser, 2003). Es ist zu vermuten, dass zum Verständnis von Unterrichtsqualität die unterhalb der Durchführungsebene wirkenden Denk- und Lernprozesse, die „Tiefenstruktur“ des Unterrichts, und deren Wechselwirkungen mit der Sichtstruktur berücksichtigt werden müssen (Klieme u. a., 2006).

2 Unterrichtsqualität

Frühe Studien zu Merkmalen der Unterrichtsqualität brachten hauptsächlich Persönlichkeitsmerkmale von Lehrpersonen mit erzieherischen Wirkungen in Beziehung (Getzels & Jackson, 1970). Dieser Ansatz erwies sich zunächst als weniger erfolgreich, da sich Merkmale von Lehrerinnen und Lehrern teilweise als trivial, aber auch teilweise als äußerst komplex darstellten und Auswirkungen auf Unterricht und Lernen deshalb offen blieben (Bromme, 1997).

Andere Untersuchungen konzentrierten sich in der Folge auf die Herstellung von Relationen zwischen einzelnen Unterrichtsmerkmalen – Interaktionen im Klassenraum, Unterrichtsklima (Eder, 1996), Unterrichtsführung und Instruktionsverhalten von Lehrpersonen

(Rosenshine & Stevens, 1986) – und messbaren Wirkungen wie Schülerleistungen oder Einstellungen (sogenannte Prozess-Produkt-, später auch Prozess-Mediations-Produkt-Forschung). Prozess-Produkt-Forschung in seiner frühen, eher behavioristischen Ausprägung trat als Auswirkung der kognitiven Wende in der Psychologie etwas in den Hintergrund. Sie wurde zeitweise durch Versuche abgelöst, Wissen und Können guter und erfahrener Lehrer zu analysieren und daraus Qualitätskriterien 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 u. a., 1988; Dann, 1989; Bromme, 1992; 1997).

Die bisher skizzierten Forschungsergebnisse haben mit einer fast unüberschaubaren Fülle von Einflussvariablen auf Unterricht allerdings auch zu beträchtlichen Problemen geführt. Effektgrößen und Varianzaufklärung für den Lernerfolg von Schülern sind fast durchgängig gering (Clausen, 2002). Die Unübersichtlichkeit der Daten hatte verzweifelnde Versuche zur Folge, die wesentlichen Erkenntnisse aus der Datenflut zu extrahieren, mit fragwürdigem Erfolg. 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 konnten einzelne stabile Faktoren identifizieren. Dazu zählen *Classroom Management*, *metalogische Fähigkeiten der Schüler*, *Verantwortlichkeit für eigenes Lernen und kognitive Fähigkeiten und soziales Umfeld der Schüler*.

Aber auch hier ist der Stellenwert für konkreten Unterricht nicht immer klar. Faktoren wie *kognitive Fähigkeiten und soziales Umfeld der Schüler* sind durch Lehrerinnen und Lehrer wenig beeinflussbar, wenngleich sie bei der Gestaltung des Unterrichts berück-

sichtigt werden müssen. Manche Befunde bezüglich des *Classroom Management* erscheinen nicht nur für praktizierende Lehrer als äußerst trivial. Sie sind aber u.U. in der Beschreibung unterrichtlicher Effekte wichtig für die Theorieentwicklung und für die Validierung entsprechender Modelle. Bei einigen Qualitätsaspekten ergibt sich ein Wertigkeitsdilemma, z.B. wenn die Unterrichtseffektivität mit Zielen des sozialen Lernens oder der Motivation in Konflikt gerät (Ditton, 2002). Außerdem ist bei vielen Faktoren die Richtung einer Ursache-Wirkungsbeziehung völlig ungeklärt.

Kritisiert wurde empirische Qualitätsforschung auch bezüglich ihrer tendenziellen Verengung des Qualitätsbegriffs auf Leistungskriterien (Oser u.a., 1992; Einsiedler, 1997). Unterrichtsanalyse hat danach, neben Lernerfolgskriterien, noch weitere Mittel-/Zieldimensionen wie Effektivität, kognitive Aktivierung, soziales Lernen, Selbstkonzepte usw. zu berücksichtigen (Clausen, 2002). Das Argument, dass Leistungstests nicht alle Facetten schulischen Lernens abbilden können, ist nicht von der Hand zu weisen. Ein breiter Überblick über Richtungen, Ziele und Ergebnisse der Qualitätsforschung, vor allem auch mit Hinweisen zur Berücksichtigung in der Praxis, findet sich bei Helmke (2003).

Die 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 dazu konsistente Analysemethoden entwickelt werden müssen, um weitergehende Arbeiten zu strukturieren (Ditton, 2000). Außerdem wird eine Änderung des Fokus didaktischer Analyse deutlich. Terhart (2005, 44) betont: „Die empirische Lehr-Lern-Forschung pädagogisch-psychologischer

Provenienz – in Verbindung mit fachdidaktischer Ausrichtung – fordert den Alleinvertretungsanspruch der Allgemeinen Didaktik für die wissenschaftliche Beschäftigung mit Lehren und Lernen nachdrücklich heraus. Die durch empirische Forschung stärker und informationshaltiger werdenden Fachdidaktiken konstituieren sich neu und suchen ihr Verbindendes oder Allgemeines nicht mehr in der Allgemeinen Didaktik, sondern in empirisch aufzuklärenden Modellen des Lehr-Lern-Prozesses“. Theoretische Modelle müssen danach auf konkreten Fachunterricht anwendbar sein und Perspektiven zu seiner Entwicklung aufzeigen können. Instrumente zur empirischen Untersuchung von Unterricht müssen dementsprechend verfeinert werden, um Wechselwirkungen zwischen Lehren und Lernen, zwischen Lehrer- und Schülerhandlungen und deren auf das jeweilige Fach bezogenen Kognitionen erfassen zu können.

Es gibt nur wenige aktuelle Untersuchungen, die Physikunterricht aus dieser Richtung als Ganzes in den Blick nehmen. Sie bewegen sich bisher außerdem noch auf einer eher deskriptiven Ebene. Reyer (2004) hat in einer Videostudie Physikunterricht der Klassen 8 und 9 des Gymnasiums über eineinhalb Jahre analysiert. Dabei wurde u.a. auch die Unterrichtsqualität im Wesentlichen nach Kriterien von Clausen (2002) bewertet, die aus den Ergebnissen der Qualitätsforschung extrahiert wurden. Reyer (2004, 221; Reyer u.a. 2004) konnte zwei Gruppen von Lehrern unterscheiden, eine stärker schüler- oder handlungsorientierte mit der Bevorzugung von Schülerexperimenten und eine stärker lehrer- bzw. faktenorientierte Gruppe die keine Experimente oder Demonstrationsexperimente durchführte. In beiden Fällen ist der untersuchte Physikunterricht nicht sehr variabel. In Übereinstimmung mit Untersuchungen von Seidel u.a. (2004, 2006) ist er stark durch lehrergesteuerte Klassengespräche mit einzelnen Schülerarbeitsphasen geprägt. Schüleraktivitäten bestehen darin, kurze Antworten auf Fragen zu geben, Aufgaben zu bearbeiten oder auch Schülerexperimente durchzuführen. Lehrziele wie „Problemlösen“ und der

in der Physikdidaktik besonders hervorgehobene „Konzeptwechsel“ kommen nur selten vor. Die wesentlichen kognitiven Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler beschreibt Reyer als „Finden/Beschreiben des Neuen“, „Anwenden/Konkretisieren/Transferieren“ und „Plan/Ziel erarbeiten“. Aktivitäten wie „Interpretieren/Vergleichen/Überprüfen“, „Entscheiden/Akzeptieren/Eingliedern“ und „Abgrenzen/Unterscheiden“, die für ein tieferes Verständnis von Zusammenhängen von Bedeutung sind, kommen im untersuchten Physikunterricht fast nicht vor (Reyer 2004, 222 ff.).

Von Bedeutung für den Aufbau von systematischem Wissen über naturwissenschaftlichen Unterricht sind auch die Videostudien des IPN Kiel zum Physikunterricht (Seidel u. a. 2004, 2006). Neben den schon beschriebenen Befunden zur Einheitlichkeit des Unterrichts wird resümiert, dass Ziele des Lernens für Schüler wenig transparent sind und dass Möglichkeiten einer Unterrichtsgestaltung, die das Lernen unterstützt, wenig genutzt werden. Beachtenswert ist auch der Befund, dass eher schülerzentrierte Arbeitsformen, ein typisches Merkmal der Sichtstruktur von Unterricht, für sich allein keine besonderen Auswirkungen auf Lernergebnisse zeigen, während dies für Elemente der Tiefenstruktur wie Zielorientierung und systematisches Experimentieren schon deutlicher gilt.

Widodo & Duit (2005) untersuchten, ebenfalls mit Hilfe von Unterrichtsaufnahmen, ob sich im Physikunterricht Merkmale einer konstruktivistischen Vorgehensweise, wie z. B. das Anknüpfen an vorunterrichtliche Vorstellungen und lernförderliche Kontexte, identifizieren lassen. Sie kamen zu dem Schluss, dass die in der Literatur zu konstruktivistischen Konzeptwechselansätzen vorgeschlagenen Lehr-Lern-Sequenzen in der Praxis nur selten vorkommen.

Interessante Erkenntnisse zur Qualität des Physikunterrichts sind nach ersten Ergebnissen aus einer zurzeit laufenden Deutsch-Schweizer Videostudie (Brückmann & Duit, 2007, Brückmann et. al., 2007) zu erwarten, in der Unterschiede in den Lehr-/Lernkul-

turen beider Länder erhoben, sowie inhaltliche Sachstrukturen des Physikunterrichts in ihrem logischen Fluss dargestellt werden. Darüber hinaus werden auch Unterrichtsmerkmale zum Vergleich typischer Unterrichtsskripts und die diesbezüglichen subjektiven Theorien der Lehrkräfte erfasst (Labudde & Duit, 2007).

3 Zielsetzungen der Studie

Es besteht damit Anlass zu der Vermutung, dass eine bewusste Gestaltung der Tiefenstruktur des Unterrichts, also der Ebene der Verarbeitungs- und Denkprozesse, durch den Lehrer eine wichtige Rolle für erfolgreiches Lehren und Lernen spielt. Dafür lassen sich im Prinzip kognitionspsychologische Erkenntnisse heranziehen. Offensichtlich ist es jedoch nicht leicht und erst recht nicht selbstverständlich, Lernprozesse im Physikunterricht so zu gestalten, dass Inhalte verstanden werden, sinnvoll in das bisherige Wissen integriert und später genutzt werden können. Vor allem die Analyseergebnisse von Reyer (2004) deuten darauf hin, dass von Lehrern nicht unbedingt optimale Lernwege gewählt und manche wichtigen Schritte im Lernprozess ausgelassen werden. Dabei scheint es sich weniger um Nachlässigkeit zu handeln, als um Vorgehensweisen, die mit typischen Skripts des deutschen Physikunterrichts in Verbindung zu bringen sind. Tendenziell steht dabei wohl eher die nachvollziehbare Präsentation von Inhalten im Vordergrund, die Integration in bestehende Wissensbestände, die Anwendung und die Verallgemeinerung wird den Schülern weitgehend selbst überlassen.

Ziel unseres Projekts war es, Lehrkräfte in der Förderung von Lernprozessen ihrer Schülerinnen und Schülern durch eine dezidierte Fortbildung zu unterstützen, da in diesem Bereich Defizite nicht unwahrscheinlich sind. Dabei war die Frage zu klären, welche Kompetenzen Lehrerinnen und Lehrer bezüglich eines lernprozessorientierten Unterrichts besitzen und wie eine Fortbildung zur Erweiterung ihrer Kompetenzen zu gestalten sei. Es wurde daraus folgend ein weiteres Ziel

verfolgt, nämlich Gestaltung und Ablauf von Lernprozessen im Physikunterricht sowie deren Auswirkungen auf das Lernen von Schülerinnen und Schülern theoriegeleitet und differenziert nach verschiedenen Lehrzielen zu analysieren. Dazu mussten geeignete Instrumente entwickelt werden.

4 Konzeptueller Rahmen

4.1 Lernprozessorientierung

Die hier vorgeschlagene Konzeptualisierung von Lernprozessen stützt sich auf die Theorie der Basismodelle von Oser & Baeriswyl (2001), die zunächst zwischen der Sichtstruktur und der Tiefenstruktur des Unterrichts unterscheidet. In der Sichtstruktur, also in allen objektiv beobachtbaren Gestaltungselementen, besitzen Lehrer relativ große Freiheiten in der Durchführung ihres Unterrichts. In der Tiefenstruktur, also auf der Ebene der kognitiven Verarbeitung durch Individuen, die der Analyse nur durch subjektive

Interpretation zugänglich ist, ist diese Freiheit durch lernpsychologische Regeln eingeschränkt. Es wird sogar angenommen, dass deren Einhaltung Lernen erst ermöglicht. Dabei gibt es eine endliche Anzahl zu unterscheidender schulischer Lernprozesse. Oser und Baeriswyl nennen insgesamt 12 verschiedene „Lernskripts“ für Prozesse, die sie als Basismodelle des Lehrens und Lernens bezeichnen (Tabelle 1). Für jeden dieser Lernprozesse formulieren sie eine Folge von notwendigen Schritten (Tabelle 2), die vollständig und in der richtigen Reihenfolge durchlaufen werden müssen, und prägen in diesem Zusammenhang die Metapher von der *Choreographie des Unterrichts*. Wie beim Tanz sind die Grundschriffe in ihrem Ablauf und Rhythmus einzuhalten, während die Gestaltungsfiguren situationsabhängig und kreativ variiert werden können. Nach ihrer Ansicht konzentrieren sich die meisten Lehrer auf die Organisation der Sichtstruktur,

Tab. 1: Übersicht über alle Basismodelle nach Oser & Baeriswyl (2001)

Lernen durch Eigenerfahrung und entdeckendes Lernen Entwicklung als Erziehungsziel (Konzeptwechsel) Problemlösen Wissensaufbau und Konzeptbildung Kontemplatives Lernen Strategielernen	Routinebildung Lernen durch Motilität Entwicklung von Sozialbeziehungen Entwicklung von Wertesystemen Lernen mit Hypertext Verhandeln
--	--

Tab. 2: Stichwortartige Darstellung der Handlungsschritte der drei untersuchten Basismodelle

	Lernen durch Eigenerfahrung	Konzeptbildung	Problemlösen
1	Inneres Vorstellen, Planen	Bewusstmachen des Wissens	Problemgenerierung
2	Handeln im Kontext	Durcharbeiten eines prototypischen Musters	Problempräzisierung
3	Erste Ausdifferenzierung, Reflektion	Darstellen der wesentlichen Merkmale und Prinzipien	Lösungsvorschläge
4	Generalisierung der Ergebnisse	Aktiver Umgang mit neuem Konzept	Prüfen der Lösungsvorschläge
5	Übertragung auf größere Zusammenhänge	Vernetzung mit bekanntem Wissen	Vernetzung, Transfer auf andere Problemklassen

vernachlässigen aber in ihrer Planung und Gestaltung die Lernprozesse ihrer Schüler.

Die Theorie der Basismodelle wurde als Grundlage für die hier dargestellte Studie aus verschiedenen Gründen gewählt: Sie nimmt für sich in Anspruch, Lehr-/Lernprozesse im Unterricht umfassend zu beschreiben, und sie erlaubt dabei die Differenzierung nach unterschiedlichen Zieldimensionen. Beschreibungen einzelner Basismodelle erheben den Anspruch, sich auf gründlich bearbeitete psychologische Theorien zu stützen, die formulierten Handlungsschritte folgen den wesentlichen Aussagen dieser Theorien. Die relative Strenge bezüglich der Reihenfolge und der Unverzichtbarkeit der Schritte bleibt zwar empirisch zu prüfen, für eine Lehrerfortbildung bietet jedoch gerade diese Systematik eine wertvolle Struktur für Trainingsmaßnahmen und Routinebildung. Für eine Untersuchung der Wirkung von Lehrerfortbildung ergibt sich damit nicht nur eine plausible Grundlage, sondern auch eine Theorie, die die breite Palette vorstellbarer (nicht unbedingt vorkommender) Handlungsmöglichkeiten im Unterricht einschränkt und dadurch relativ präzise, empirisch gut überprüfbare Vorhersagen für gelingenden Unterricht zulässt.

In dieser Studie werden sowohl bei der Unterrichtsanalyse als auch im Lehrertraining der Fortbildung lediglich drei der von Oser und Baeriswyl postulierten Basismodelle benutzt, nämlich *Lernen durch Eigenerfahrung*, *Konzeptbildung* und *Problemlösen*. Reyer (2004) konnte zeigen, dass durch die beiden erstgenannten Zielbereiche ein großer Teil des Physikunterrichts reliabel beschrieben werden kann, dass sie allerdings unvollständig im Unterricht angewandt werden. Problemlösen kommt zwar seltener vor, gilt aber als ein wesentliches Ziel naturwissenschaftlichen Kompetenzerwerbs (KMK, 2005, 7).

Neben diesen forschungstechnischen Gesichtspunkten war jedoch die Bedeutung der drei Basismodelle für einen physikalischen Wissenszuwachs bzw. für typische physikalische Denk- und Arbeitsweisen entscheidend. Nach Laudan (1996, 78 ff.)

etwa besteht das wesentliche Ziel der Naturwissenschaften darin, Probleme zu lösen. Fortschritt ist dann vorhanden, wenn neue Theorien mehr Probleme lösen können als ihre Vorgänger. Dabei sind zwei grundsätzlich verschiedene Arten von Problemen zu unterscheiden, nämlich empirische und konzeptuelle. Auf der Ebene der Empirie geht es überwiegend um erfahrungsbasierte Aufklärung bei der Exploration neuer Phänomene oder bei der Überprüfung bestehender Theorien. Auf der Ebene der Konzepte geht es um Erklärung unter Verwendung von Begriffen, Verknüpfungen, Abstraktionen, Prinzipien, Regeln, Gesetzmäßigkeiten und begründeten Vorhersagen. In den drei ausgewählten Basismodellen werden damit besonders wichtige Zielsetzungen des Physikunterrichts angesprochen, natürlich ohne den Anspruch, alle Ziele und Lernwege lückenlos abdecken zu können.

Betrachtet man die notwendigen Handlungsschritte zu jedem Basismodell fällt auf, dass Lernwege und deren Voraussetzungen sich nicht nur in Details, sondern grundsätzlich unterscheiden können. Beim Lernen durch Eigenerfahrung etwa ist der Weg, auf dem Erfahrungen gemacht werden sollen, schon relativ früh festgelegt, während das Ergebnis offen ist (vgl. Brown u. a., 1989.). Beim Problemlösen ist das Ergebnis bzw. Lösungskriterium klar, während der Weg zu diesem Ergebnis als zu überwindende Barriere erst noch gesucht werden muss (vgl. Dörner u. a., 1999). Lernen durch Problemlösen ist außerdem (im Unterschied zum Erfahrungslernen) nur möglich, wenn in einer Domäne schon ein grundlegendes Wissen vorhanden ist. Klahr & Dunbar (1988) etwa beschreiben die ersten Schritte naturwissenschaftlicher Problemlöseaktivitäten als Suche im Hypothesenraum (Erklärungen und Vorhersagen) und als Suche im Experimentierraum (Auswahl geeigneter Handlungsmöglichkeiten). Das schließt einen grundsätzlich problemlösenden Unterrichtsansatz auch bei weniger erfahrenen Schülern auf einer größeren Zeitskala nicht aus, wenn die Lehrperson an den entsprechenden Stellen notwendige Hand-

lungsweisen und Konzepte im Sinne einer *Cognitive Apprenticeship* (Collins u. a., 1989) erklärt. Vergleichbar mit einem Meister in der Lehrlingsausbildung modelliert der Lehrer zunächst in kleinen Schritten bewährte Herangehensweisen und sorgt dafür, dass seine Schüler mit zunehmender Expertise immer komplexere Schritte im Lösungsprozess selbst übernehmen.

Bei der Organisation von Lehr-/Lernprozessen sind damit Ziele, Voraussetzungen und Lernwege aufeinander bezogen zu variieren. Auch wenn dieses fast als eine didaktische Banalität erscheint, so lässt die Umsetzung offensichtlich zu wünschen übrig, wie die diagnostizierte Monokultur im deutschen Physikunterricht belegt (Seidel u. a., 2004). Mangelnde Differenzierung traditioneller Artikulationsschemata, die keine Unterschiede zwischen verschiedenen Arten des physikalischen Erkenntnisgewinns und damit verbundenen mentalen Prozesse machen, könnte dafür verantwortlich sein. Erfahrungen z. B. führen keineswegs auf direktem Wege zu neuen Konzepten, weil Konzepte im Allgemeinen nicht entdeckt, sondern erfunden werden (s. dazu auch Lederman, 2004; Kircher u. a., 2000).

Die drei ausgewählten Basismodelle besitzen also nicht nur eine lernpsychologische Bedeutung. Die These lautet, dass durch Basismodelle strukturierter Unterricht, mit einer differenzierten Herangehensweise an unterschiedliche Lernsituationen, vermutlich die Klarheit in der Darstellung typischer naturwissenschaftlicher Zielsetzungen und damit verbundener Denk- und Arbeitsweisen erhöht.

4.2 Lehrerfortbildung

Lernprozessorientierter Unterricht im oben skizzierten Sinne stellt Lehrpersonen vor besondere Herausforderungen, da er eine ungewohnt differenzierte Sicht auf Schüler und ihr Lernen, aber auch auf Lerninhalte verlangt. Deshalb wurde eine entsprechende Lehrerfortbildung geplant und durchgeführt und ihre Wirksamkeit überprüft.

Leider ist die Forschungslage zur Qualität und Wirksamkeit von Fortbildungen äußerst defizitär. Gründe sind sicherlich darin zu suchen, dass berufliches Handeln von Lehrern durch viele Faktoren beeinflusst wird, die in Fortbildungen nur zu einem kleinen Teil angesprochen und in der Forschung ebenfalls nicht vollständig kontrolliert werden können. Dementsprechend ist die Wirksamkeit von Fortbildungen unklar und sie wird häufig kritisch beurteilt. Ein aktueller Überblick über die Forschungslage ist etwa bei Lipowski (2004) zu finden. Als günstige Faktoren für den Erfolg von Fortbildungen werden meist genannt:

Organisatorisch

- Langfristigkeit statt punktueller Veranstaltungen
- Wechsel zwischen Input- und Erprobungsphasen
- Möglichkeit zu kollegialem Austausch und zur Kooperation

Inhaltlich

- enger fachdidaktischer Fokus
- inhaltlicher Rahmen und klare Ziele

Methodisch

- Ansetzen an der tatsächlichen Praxis und den Überzeugungen der Teilnehmer
- Freiräume und selbst bestimmtes Lernen
- Reflexion und (Video)-Feedback

Insbesondere der Nutzung von Unterrichtsvideos, entweder als Feedback oder auch zur Verdeutlichung theoretischer Konstrukte, wird als methodischer Variante ein erhebliches Potenzial zugeschrieben (vgl. Petko u. a., 2003, Seidel u. a., 2006). Erkenntnisse und Urteile über Unterricht können hier auf konkrete Situationen bezogen, Abschnitte können wiederholt und unter verschiedenen Schwerpunktsetzungen betrachtet bzw. ausgewertet und verglichen werden. Zunehmende Bedeutung erhalten auch individualisierte Fortbildungsverfahren in Form eines Coachings, vor allem wenn es um Änderungen fest gefügter Vorstellungen und Handlungsmuster zum Unterricht geht. Fischler &

Schröder (2003) nutzten Coaching-Prinzipien aus den Bereichen Personalentwicklung und Unternehmensberatung in Verbindung mit Elementen der kognitiven Verhaltenstherapie und erreichten bei einzelnen Lehrern Verhaltensänderungen in von diesen selbst gewählten Zielbereichen. Während hier der Coach Expertenurteile möglichst mied, wählte Staub (2001, 2004) in seinem *Fachspezifisch-Pädagogischen Coaching* einen deutlich direkteren Weg: Der Coach bewegt den Lehrer als Partner in eine als theoretisch sinnvoll erkannte Richtung und übernimmt dabei einen Teil der Verantwortung für die Planung des Unterrichts. Staubs Ansatz wurde im größeren Maßstab unter dem Etikett *Content-Focused Coaching* in einem Fortbildungsprojekt an New Yorker Schulen erprobt. Über positive Erfahrungen wird berichtet, empirische Belege über Wirkungen der Fortbildung stehen jedoch noch aus (West & Staub, 2003). Mit Blick auf den Forschungsstand nutzt die hier vorgestellte Fortbildung ein theoretisches Modell zur Modifikation von Lehrerhandeln, das von Wahl (2001, 2002) im Rahmen des Forschungsprogramms Subjektive Theorien (Groeben u. a., 1988; Dann, 1989)

formuliert wurde und das einige der oben genannten Faktoren in einen handlungstheoretischen Zusammenhang stellt (s. Abbildung 1): Nach Wahl unterscheidet sich *Handeln* von *Verhalten* und *Tun* durch den Grad des reflexiven Bewusstseins (vgl. auch Groeben, 1986). Daneben ist Handeln gekennzeichnet durch drei weitere Eigenschaften: Handeln ist in Zielsetzungen und Abläufen hierarchisch-sequentiell gegliedert, es wird zu nicht unwesentlichen Teilen durch Emotionen geprägt bzw. initiiert (vgl. Mutzeck, 1988), und schließlich setzt es auf einer Wissensbasis auf. Eine hierarchisch-sequentielle Handlungsorganisation bedeutet, dass situationsübergreifende Ziele und Planungen weiter darunter liegende umfassen und beeinflussen. In einer Fortbildungssituation, in der es um Änderungen des Handelns geht, ist es wichtig, sich diese Zielhierarchien und den Zusammenhang mit konkreten Handlungen bewusst zu machen.

Einen besonderen Stellenwert besitzt die Wissensbasis, die nach Groeben u. a. (1988) in Form von *Subjektiven Theorien* organisiert ist. Subjektive Theorien von Lehrern sind danach komplexe Aggregate von Konzepten

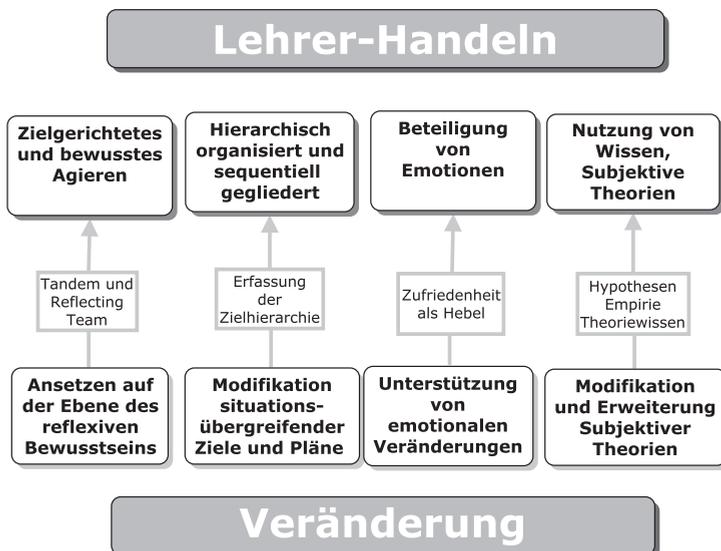


Abb. 1: Modell des Lehrerhandelns

bzw. Vorstellungen, die sich bezüglich ihrer schulischen Handlungsfelder durch systematisches Lernen, aber auch durch Erfahrungen herausgebildet haben. Subjektive Theorien sind nur zum Teil wissenschaftlich begründet und unterscheiden sich von wissenschaftlichen Theorien dadurch, dass sie weniger stringent und teilweise auch weniger rational sind. Trotzdem besteht eine gewisse Strukturparallelität. Subjektive Theorien knüpfen zumindest implizite Argumentationsstrukturen zwischen enthaltenen Konzepten. Sie haben außerdem ähnliche Funktionen wie wissenschaftliche Theorien, was etwa Erklärung, Prognose und technische Anwendung angeht (Mutzeck, 1988, 73). Daraus wird geschlossen, dass sie sich im Prinzip auch empirisch und logisch überprüfen lassen.

Ziel von Fortbildung ist es, Handeln zu verändern. Das ist offensichtlich im Bereich der Lehrerbildung nicht einfach, wie Berichte über langfristige Wirkungen von Ausbildung und Fortbildung zeigen (vgl. Mutzeck, 1988, Wahl, 2001). Das vorgestellte Projekt greift auf Verfahrensweisen der *Kognitiven Verhaltenstherapie* nach Mahoney (1977) und auf die *Psychologie der persönlichen Konstrukte* nach Kelly (1986) zurück. Das zugrunde liegende psychologische Modell geht von der Fähigkeit einer Person aus, Hypothesen zur Wirksamkeit eigenen Handelns zu entwickeln und diese Hypothesen in der eigenen Praxis (quasi-wissenschaftlich) empirisch zu überprüfen. Ergebnisse der Überprüfung dienen als Anlass zur Bestätigung aber auch zur Veränderung subjektiver Theorien. Unterstützt wird diese Veränderung durch einen Coach mittels Feedback und gemeinsamer Analyse von Unterrichtssituationen, in denen für die Teilnehmer wichtige Ziele thematisiert werden. Dabei werden Videoaufnahmen des Unterrichts und theoriebasierte Videoanalysen als wirkungsvolle Instrumente genutzt. Wenn Lehrpersonen mit Ergebnissen ihres Unterrichts nicht zufrieden sind, werden ihnen theoretische und praktische Hilfen zur Veränderung angeboten, meist orientiert an der Theorie der Basismodelle. In einem

nächsten Durchgang können die neuen Annahmen wieder überprüft werden usw.

5 Fragestellungen der Untersuchung

Aus dem bisher Dargestellten ergeben sich folgende Fragestellungen, die durch die vorliegende Untersuchung geklärt werden sollten:

- Lassen sich Lernprozesse im Physikunterricht auf der Grundlage der Theorie der Basismodelle (BM) unterscheiden, differenziert darstellen und analysieren? (Prüfung des Vorkommens unterschiedlicher BM und ihrer Handlungsschritte über deskriptive Auswertung der kategorienbasierten Videoanalyse des Unterrichts)
- In welchem Umfang und in welcher Komplexität (gemessen an den Vorgaben der Theorie) kommen einzelne Handlungsschritte im Unterricht vor, welche Schritte fehlen oder zeigen typische Abweichungen? (Prüfung des Vorkommens, der Länge und der Vollständigkeit einzelner Handlungsschritte mit Daten der Videoanalyse)
- Können Lehrer mit Hilfe einer handlungstheoretisch fundierten Fortbildung Lehr-/Lernprozesse auf der Grundlage der Basismodelle gestalten? Lässt sich ein Erfolg der Fortbildung an geändertem Unterrichtshandeln von Schülern und Lehrern sowie an Veränderungen in der Unterrichtswahrnehmung (und langfristig auch an besseren Unterrichtsergebnissen) festmachen? (Prüfung auf Veränderungen im Vorkommen und der Ausprägung einzelner Basismodelle und ihrer Handlungsschritte sowie in der Passung zwischen Lehrer- und Schülerhandlungen)

6 Projektverlauf

6.1 Stichprobe und Untersuchungsdesign

Über das Schuljahr 2005/2006 wurden 18 Lehrpersonen (16 männlich, zwei weiblich, 14 Gymnasial-, 4 Gesamtschullehrer mit je 2 G- und E-Kursen, Klassen 8 bis 13) darin trainiert, lernprozessorientierten Unterricht zu

planen und durchzuführen, damit Wirkungen eines solchen Unterrichts untersucht werden konnten. Dazu mussten eine entsprechende Fortbildung und Untersuchungsinstrumente für Unterricht entwickelt werden. Die Interventionsgruppe war bezüglich der Lerngruppen und der Unterrichtsinhalte heterogen zusammengesetzt. Außerdem war nicht zu erwarten, dass die Teilnehmer der Fortbildung für die Gesamtpopulation aller Lehrer repräsentativ sind. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass für Vergleichszwecke auch eine Kontrollgruppe gebildet wurde. Diese bestand in der Regel aus Lehrpersonen, die an den teilnehmenden Schulen eine parallele Lerngruppe unterrichteten. Zu Beginn und am Ende des Projekts fanden in beiden Gruppen Befragungen der Schüler und der Lehrer statt. Diese Befragungen, die zurzeit bezüglich nachweisbarer Effekte der Fortbildung ausgewertet werden, sind allerdings noch nicht Gegenstand des vorliegenden Artikels. Über den Vergleich Interventionsgruppe-Kontrollgruppe wird zu einem späteren Zeitpunkt berichtet.

Unsere Studie folgte damit einem quasi-experimentellen Design mit nicht-randomisierter Auswahl von Interventionsgruppe und Kontrollgruppe. In der Interventionsgruppe wurden Prozessdaten im Verlauf des Projekts vor allem über Videoanalysen und kurze Schülerbefragungen erhoben, nicht jedoch in der Kontrollgruppe, die auch kein Training erhielt.

6.2 Fortbildung

Wesentliche Elemente der Fortbildung waren regelmäßige Gruppensitzungen, Einzelcoachings bzw. Einzelfeedbacks vor und nach videografierten Unterrichtsstunden, sowie die Bereitstellung von umfassenden Materialien zur theoretischen Fundierung von Planungsentscheidungen. Sowohl vom zeitlichen Rahmen als auch von der inhaltlichen und methodischen Orientierung her war es möglich, die in 4.2 genannten Kriterien zur Optimierung von Fortbildungen zu berücksichtigen. Verschiedene Verfahrensweisen der Fortbildung, wie Videoanalysen

der Tiefenstruktur des Unterrichts, Feedbackverfahren und Prinzipien zur Gestaltung von Gruppensitzungen wurden in einer Vorstudie zusammen mit vier Lehrern eines Dortmunder Gymnasiums entwickelt und erprobt.

Auftakt

Die Hauptstudie begann mit dem Schuljahr 2005/2006. Einige Wochen nach Beginn des Schuljahres wurden zunächst die Vorbefragungen durchgeführt. Außerdem wurden bei allen Teilnehmern der Interventionsgruppe die ersten Unterrichtsvideos aufgenommen. Die eigentliche Fortbildung startete erst danach mit einer eintägigen Auftaktveranstaltung. Hier erhielten die Lehrer Gelegenheit, sich über Ziele und Probleme der Praxis auszutauschen. Im weiteren Verlauf wurde die geplante Arbeitsweise im Projekt vorgestellt und erklärt, wie Unterricht auf Grundlage der Basismodelle analysiert werden kann. Die Teilnehmer erhielten schriftliches Schulungsmaterial (u. a. zur Theorie der Basismodelle, zu Standards und Kompetenzen, neueren Theorien des Lernens usw.). Es wurden danach vier regionale Gruppen mit jeweils 4–5 Teilnehmern für die dezentralen Gruppensitzungen gebildet. In den Sitzungen selbst wurde nach der Theorie der Basismodelle bzw. nach der Handlungstheorie vorgegangen.

Gruppensitzungen

Regionale Gruppensitzungen fanden monatlich an den beteiligten Schulen statt. Dabei waren zwei Typen von Sitzungen zu unterscheiden. Sitzungen zur Klärung von theoretischen und praktischen Grundsatzfragen waren in der Regel, im Sinne der Theorie der Basismodelle, konzeptbildend organisiert. Ausgehend von einer prototypischen Situation wurden die wesentlichen Eigenschaften herausgearbeitet und danach Möglichkeiten der Anwendung in anderen Situationen untersucht.

Für Gruppenfeedbacks, den zweiten Sitzungstyp, wurden Szenen eines aktuellen Videos aus dem Unterricht eines Gruppenmitglieds nach Absprache ausgewählt. Zur Vorbereitung der Sitzungen wurden die Videos

und die Ergebnisse der Unterrichtsanalysen innerhalb einer Woche nach der Aufnahme versandt. Die Analysen und Kodierungen wurden im Sinne einer kommunikativen Validierung mit den jeweiligen Lehrern diskutiert, bis auf wenige Ausnahmen wurde dabei Konsens erzielt. In den Gruppensitzungen lag der Fokus jeweils auf nur einer Fragestellung, die Ziele der Sitzung wurden festgehalten. Die Feedbacksitzungen verliefen nach einem aus der Handlungstheorie abgeleiteten Schema. Angesprochen wurden stets drei Ebenen: die Erwartungen bezüglich der Schülerhandlungen, die Begründungen für Lehrerhandlungen, mit denen Aktivitäten der Schüler initiiert werden sollten, sowie die Zufriedenheit mit dem tatsächlichen Unterricht mit Bezug zu Zielen und Erwartungen. Auf dieser Grundlage wurden gegebenenfalls neue Fragestellungen und Beobachtungsaufträge für den folgenden Unterricht abgeleitet und vereinbart.

Videofeedback

Im Verlauf der Fortbildung wurden bei jedem Teilnehmer mindestens 3 (Jgst. 13), in der Regel 5, manchmal 6 Unterrichtsvideos aufgenommen. Diese Videos und damit verbundene kategorienbasierte Unterrichtsanalysen wurden gleichermaßen zur Evaluation als auch für Feedbackzwecke innerhalb der Fortbildung genutzt.

Vor jeder Videoaufnahme (mit Ausnahme der ersten, da diese Stunde zur Prä-Messung zählte) fand ein individuelles Coaching-Gespräch statt. Dieses Gespräch hatte zum Ziel, die Lehrer, ausgehend von ihrer Planung, in der Nutzung der Basismodelle zur Strukturierung von Unterricht zu unterstützen. Die Rolle des Coachs bestand darin, durch gezielte Fragen auf bestimmte Aspekte eines lernprozessorientierten Unterrichts zu fokussieren, ohne direkte Anweisungen zu geben. Dazu diente ein ähnliches tabellarisches Raster, wie es auch für Feedbackzwecke verwendet wurde. Hier wurde ebenfalls nach den wichtigsten Zielen, erwarteten Schüleraktivitäten, notwendigen Lehrerhandlungen und angestrebten Ergebnissen gefragt. Ergänzt wurde

das Raster durch Fragen nach Kontrollmöglichkeiten, also nach Kriterien, an denen man im Unterricht erkennen kann, ob Erwartungen sich erfüllt haben oder nicht. Außerdem wurden die geplanten Unterrichtsschritte in ihrer Abfolge festgehalten. Im Verlauf der Fortbildung orientierte sich die Strukturierung des Unterrichts, vom Coach forciert und von den Lehrern in der Regel als hilfreich angenommen, immer stärker an den Basismodellen. Das Coaching lässt sich in dieser Hinsicht mit dem *Content-Focused Coaching* nach Staub (2001, 2004) vergleichen.

Für die Videoaufnahmen im Klassenraum wurden zwei Kameras genutzt. Eine statische Panoramakamera lieferte einen Überblick über die gesamte Klasse. Wichtiger war die zweite, geführte Kamera, die jeweils auf die Akteure des Unterrichts gerichtet war. Bei Gruppenarbeiten wurde die der Aktionskamera nächste Gruppe in den Blick genommen. Eine solche Gruppe repräsentiert nicht notwendigerweise die gesamte Klasse, ist aber relevante Teilmenge mit durchaus typischen Lernaktivitäten, wobei sich über die Gesamtheit aller Videos positive und negative Abweichungen von einer mittleren Performanz ausgleichen dürften. Für Tonaufzeichnungen wurden neben Kameramikrofonen weitere 4 Funkmikrofone genutzt. Im Auswerteprogramm *Videograph*[®] (Rimmele, 2007) wurden Videos und Tonspuren synchronisiert und Tonquellen einzeln verfolgt. Unterrichtsaufnahmen wurden in der Regel innerhalb einer Woche nach einem kategorienbasierten Schema (Tabelle 3) durch eine trainierte Hilfskraft kodiert und vom Coach bezüglich der Lernprozesse analysiert. Ergebnisse der Analyse wurden zusammen mit dem kodierten Video an die beteiligten Lehrer geschickt. Etwas später fanden schließlich Feedbackgespräche incl. einer kommunikativen Validierung der Analyse nach einem Schema wie bei den Gruppenfeedbacks statt. Dabei wurden ein bis zwei für den Lehrer zielrelevante Schlüsselszenen des Videos näher betrachtet, um die Handlungen von Lehrern und Schülern näher zu untersuchen und gegebenenfalls Alternativen zu entwickeln.

Im letzten Teil des Gesprächs wurden neue Fragestellungen zur Untersuchung abgeleitet und dementsprechende Zielvereinbarungen getroffen.

Ergänzung fanden die Videodaten durch einen kurzen Fragebogen, den die Schüler der Interventionsklassen unmittelbar nach dem Ende jeder videografierten Stunde ausfüllten (9 Items, nach explorativer Faktoranalyse dominantes Konstrukt: *Möglichkeit im Unterricht produktiv mitarbeiten zu können*; 6 Items, Varianzaufklärung 36,9%, Cronbachs Alpha 0,786, Test-Homogenität $\bar{r}_{ii'} = 0,376$; nicht diesem Konstrukt zuzuordnende Items beziehen sich auf die Neuigkeit der Inhalte sowie auf Änderungen gegenüber dem normalen Unterricht und dienen lediglich zu Kontrollzwecken). Um zu prüfen, ob das Urteil der Schüler als verlässliches Maß für den von ihnen erlebten Unterricht anzusehen ist, wurde die Intraklassenkorrelation (ein Vergleich von Varianzen innerhalb und zwischen Lerngruppen) für die Items des dominanten Konstrukts berechnet. Sie zeigt mit einem Wert von ICC2 = 0,78 eine befriedigende Reliabilität der auf Klassenebene aggregierten Schülerwahrnehmung des Unterrichts.

6.3 Videoanalyse des Unterrichts

Das wichtigste Instrument in der Fortbildung, aber auch zu ihrer Evaluation, war die Videoanalyse der Tiefenstruktur des Unterrichts nach der Theorie der Basismodelle von Oser und Baeriswyl (2001). Mit der Auswertesoftware *Videograph*[®] wurden Unterrichtsvariablen in Intervallen von 60 Sekunden kodiert. Zur Erstellung des Kodiersystems wurde die Theorie in Form von messbaren Kategorien operationalisiert, wobei die ersten beiden Kategorieebenen durch die Basismodelle und deren Handlungsschritte in einer hierarchischen Beziehung vorgegeben sind. Die Pilotstudie ergab, dass die beiden daraus gebildeten Variablen *Art des Basismodells* und *Handlungsschritt* Lernprozesse nicht befriedigend erfassen können. Es lassen sich nur Aussagen über die Existenz, nicht aber über die Qualität der Basismodelle treffen, weil

die Formulierungen der Theorie einen Zielzustand beschreiben, der im Unterricht meist nur in Ansätzen zu finden ist.

Es wurde deshalb als dritte Variable die so genannte *Umsetzungsstufe* eingeführt, die ein Maß für die Komplexität der Umsetzung eines Handlungsschritts im Unterricht darstellt. Dazu wurden die Handlungen der einzelnen Handlungsschritte in zunehmend komplexer werdende Teilhandlungen zerlegt. Auf Umsetzungsstufe 0 sind Handlungselemente im Sinne des Basismodells kaum feststellbar, Stufe 1 entspricht einer kleinschrittigen Abarbeitung von Handlungseinheiten, auf den Stufen 2 und 3 nimmt die Integration aller zu berücksichtigten Elemente bis zur vollständigen Erfüllung der Anforderungen im Sinne der Theorie zu.

Aber auch diese Operationalisierung berücksichtigt noch nicht, dass Handlungen der Schüler nicht immer den Erwartungen der Lehrenden entsprechen. Es ist deshalb notwendig, zwischen einer intendierten Umsetzung oder Anforderung seitens der Lehrer und der Umsetzung durch die Schüler zu unterscheiden. Es wurden also die 3 Variablen *Art des Basismodells*, *Handlungsschritt* und *Umsetzungsstufe* getrennt für Schüler und Lehrer kodiert. Wir erhielten damit ein übersichtliches Kodierschema, das sich u. a. deshalb auch für Trainingszwecke eignete, weil sich die grafische Umsetzung der Kodierung gut auf einer Druckseite oder einem Bildschirm darstellen ließ.

Für die drei ausgewählten Basismodelle wurde ein Kodiermanual erstellt, das sowohl von trainierten Kodierern als auch von den Lehrern der Fortbildung genutzt werden konnte. In Tabelle 3 ist beispielhaft der Aufbau des Manuals dargestellt.

Zur Überprüfung der Objektivität und Reliabilität der hochinferenten Videoanalyse wurden 13 zufällig ausgewählte Videos aus allen Fortbildungsabschnitten von zwei verschiedenen Kodierern doppelt kodiert. Übereinstimmungsmaße (s. Tabelle 4) sind für ein hochinferentes Kodieren befriedigend bis gut (Reyer, 2002).

Tab. 3: Auszug aus dem Kodiermanual, als Beispiel ist die Operationalisierung von Schritt 2 Problemlösen dargestellt.

In der ersten Spalte findet sich eine Beschreibung der Handlungskettenschritte in der Originalformulierung der Theorie, in der zweiten Spalte gibt es fachspezifische Erläuterungen dazu. In der dritten und vierten Spalte werden Indikatoren für die Umsetzungsstufe auf Lehrer- und auf Schülerseite angegeben. Die letzte Spalte mit dem Titel Kontrollen soll Lehrer wie Kodierer dazu anhalten, konkrete Merkmale als Beleg dafür festzuhalten, dass der Handlungsschritt in der intendierten Weise abgeschlossen wurde. Mit „die Schüler“ sind die jeweils beobachteten Einzelschüler gemeint (vergl. Absatz Feedback)

	Handlungsschritt	Unterrichtsphase (und Erläuterungen zu wichtigen Merkmalen)	Umsetzungsstufe Lehrer	Umsetzungsstufe Schüler	Kontrolle
1	...	...	...	...	...
2	Sie formulieren daraus ein Problem, bestehend aus den Ausgangsbedingungen und einem anzustrebendem Ziel; die Mittel (Lösungsweg) sind unbekannt (Problemformulierung, möglichst exakt)	<p>Problempräzisierung: Die Fragestellung wird präzisiert und eingegrenzt.</p> <p>Das Problem soll klar benannt werden, indem man den Anfangszustand, das Lösungsziel und die dazwischen liegende Barriere festhält.</p>	<p>0. Der Lehrer formuliert eine unpräzise Problemstellung.</p> <p>1. Der Lehrer präzisiert eine verständliche und eindeutige Problemfrage oder fixiert sie.</p> <p>2. Der Lehrer hält zu einer Problemstellung Ausgangslage und Lösungsziel fest oder lässt sie festhalten.</p> <p>3. Der Lehrer vergewissert sich, dass allen Schülern das Lösungsziel, die Ausgangsbedingungen und die Schwierigkeiten bewusst sind.</p>	<p>0. Die Schüler fixieren eine Problemfrage.</p> <p>1. Die Schüler zeigen, dass sie eine Problemfrage verstanden haben oder verlangen nach Präzisierung.</p> <p>2. Die Schüler formulieren das Problem und nennen klare Kriterien für ein Lösungsziel.</p> <p>3. Die Schüler fixieren zu einer Problemfrage Ausgangsbedingungen, Kriterien für Lösungsziele und Schwierigkeiten, die auf einem Lösungsweg überwunden werden müssen.</p>	<p>Wie lautet die Problemstellung?</p> <p>2.; 3. Was sind die Lösungskriterien?</p> <p>3. Was gibt es für Schwierigkeiten?</p>
3	...	...	...	...	...

Nach der beschriebenen Detailauswertung wurde vom Kodierer zusätzlich zu jeder Stunde eine summarische Beurteilung von Faktoren der Unterrichtsqualität nach Clausen (2004) vor-

genommen. Diese Ratings dienten bisher vor allem der Validierung der neuen Instrumente und wurden zunächst nur für die Videoerhebung des ersten Messzeitpunkts ausgewertet.

Tab. 4: Reliabilitätsmaße der hoch-inferenten Videokodierung

Beurteilerübereinstimmung Videoanalyse (n = 513 von 3262 min, Juli 2005 bis April 2006)		
	Lehrer	Schüler
Basismodell	$\kappa = 0,844$	$\kappa = 0,822$
Handlungskettenschritt	$\kappa = 0,849$	$\kappa = 0,837$
Generalisierung der Ergebnisse	$\Gamma = 0,633$	$\Gamma = 0,741$

7 Erste Ergebnisse

Nutzung der Basismodelle

Bezüglich der ersten Fragestellung dieser Studie sollte untersucht werden, ob sich Physikunterricht auf der Grundlage der Theorie der Basismodelle darstellen und analysieren lässt. Hierzu liegen Auswertungen der hoch-inferenten Videoanalysen vor, für die insgesamt 80 Unterrichtsvideos (3256 min Fachunterricht) der 18 Fortbildungsteilnehmer berücksichtigt wurden.

Danach lassen sich beobachtete Unterrichtsaktivitäten der Lehrer zeitlich zu 92,3%, der Schüler zu 90,3% eindeutig einem der drei ausgewählten Basismodelle zuordnen. In der restlichen Zeit finden entweder andere Aktivitäten statt oder die Zielsetzungen sind unklar. Einen Überblick gibt Tabelle 5. Über die gesamte erfasste Unterrichtszeit hinweg nimmt Konzeptbildung den größten Anteil in Anspruch, Erfahrungslernen kommt etwas weniger häufig vor, Problemlösen ist eher selten. Im Vergleich zur ersten videografierten Unterrichtsstunde vor Fortbildungsbeginn hat Erfahrungslernen im Verlauf der Fortbildung deutlich ab-, Problemlösen dagegen erheblich zugenommen. Insgesamt wird deutlich, dass die in den drei genutzten Basismodellen formulierten Ziele gut zu den fachlichen Strukturen passen und tatsächlich den größten Teil des Physikunterrichts bestimmen.

Handlungsschritte

Nach der zweiten Fragestellung dieser Arbeit sollte geprüft werden, in welchem Umfang

und in welcher Komplexität einzelne Handlungsschritte der Basismodelle im Unterricht vorkommen. Die Theorie der Basismodelle weist allen Handlungsschritten spezifische Funktionen zu. Tabelle 6 zeigt in einer summarischen Sicht über alle Unterrichtsstunden, dass in der Verteilung der von den untersuchten Lehrern angewandten Handlungskettenschritte dagegen bedeutsame Ungleichgewichte bestehen. Am meisten Zeit wurde für Schritt 2 reserviert, den man als Erarbeitungsphase bezeichnen kann. Besonders selten war Schritt 5 zu beobachten, in dem es vor allem um Dekontextualisieren und Transfer geht. Schlüsselt man nach Basismodellen auf, so findet man weitere Unterschiede. Beim Lernen durch Eigenerfahrung geschieht nach der ersten Ausdifferenzierung (3) nicht mehr viel. Generalisierungen und Übertragung von Lernkonsequenzen auf größere Zusammenhänge waren nur selten zu beobachten. Ähnliches gilt für Schritt 5 beim Problemlösen, bei dem ebenfalls der mögliche Transfer von Lösungen auf andere Situationen unterrichtet werden sollte. Etwas überraschend ist das besonders geringe Auftreten von Schritt 5 beim Basismodell Konzeptbildung, bei dem es immerhin um die Anbindung an bisheriges Wissen und Vernetzung des neuen Konzepts geht. Auffällig ist in diesem Basismodell die im Vergleich zu allen anderen Handlungsschritten extrem lange Zeit für das Durcharbeiten (2) und die sehr kurze Zeit für die Darstellung der wesentlichen Merkmale und Prinzipien des

Tab. 5: Zeitanteile der einzelnen Basismodelle (innerhalb von 3256 min. aller Unterrichtsvideos)

Basismodell	Lehrer		Schüler	
	1. Video vor Beginn der Fortbildung	Videos innerhalb der Fortbildung	1. Video vor Beginn der Fortbildung	Videos innerhalb der Fortbildung
Konzeptbildung	45,2 %	44,5 %	44,7 %	43,3 %
Erfahrungslernen	41,9 %	30,6 %	41,5 %	29,6 %
Problemlösen	4,4 %	17,4 %	4,6 %	17,3 %
Sonstiges	8,5 %	7,5 %	9,2 %	9,8 %

Tab. 6: Anteile der einzelnen Handlungsschritte innerhalb der Basismodelle

Handlungskettenschritt (Lehrer)	Häufigkeit für alle BM (min)	Anteil in %	Zeit für Lernen durch Erfahrung (min)	Anteil in %	Zeit für Problemlösen (min)	Anteil in %	Zeit für Konzeptbildung (min)	Anteil in %
Schritt 1	598	19,9	266	24,68	61	12,92	271	18,63
Schritt 2	1459	48,6	499	46,29	99	20,97	861	59,18
Schritt 3	357	11,9	175	16,23	101	21,40	81	5,57
Schritt 4	508	16,9	95	8,81	198	41,95	215	14,78
Schritt 5	83	2,8	43	3,99	13	2,75	27	1,86
Gesamt	3005	100,0	1078	100	472	100	1455	100

neuen Konzepts (3). Mehr Zeit wird für einen kontextnahen aktiven Umgang mit dem neuen Konzept aufgewendet (4).

Umsetzungsstufen

Zur Klärung der Frage, in welcher Komplexität die theoretisch notwendigen Handlungsschritte umgesetzt wurden, dienten die Einschätzungen der Umsetzungsstufen in jeder Unterrichtsminute (Skala von 0 bis 3). Hierbei ist zu beachten, dass die Höhe der Umsetzungsstufe der Schüler nicht direkt als Maß für guten Unterricht dienen kann, da z. B. auch deren Vorerfahrungen einen Einfluss darauf haben, welche Stufen überhaupt erreichbar sind. Einen Überblick gibt Tabelle 7. Im Mittel zeigten sich relativ niedrige Werte, wobei das Anforderungsniveau der Lehrer etwas höher war als es von ihren Schülern umgesetzt wurde. Besonders niedrig war das

Niveau in konzeptbildenden Stunden. Betrachtet man die Zeitanteile der einzelnen Umsetzungsstufen, so wird deutlich, dass ca. 90% der Konzeptbildung bis zur Stufe 1 verliefen, die höheren Stufen 2 und 3 traten entschieden seltener auf als bei Erfahrungslernen oder Problemlösen. Die Anforderungen der konzeptbildenden Stunden korrelierten negativ mit Möglichkeiten zur produktiven Mitarbeit, die als Selbsteinschätzung der Schüler mit einem Fragebogen jeweils am Ende der videografierten Stunden erhoben wurde (1. Spalte von Tabelle 7, Skala von 1 bis 4).

Überprüft wurde weiter, ob die Höhe der Umsetzungsstufen von der Klassenstufe abhängen. Es wäre immerhin vorstellbar, dass Fähigkeiten von Schülern zu komplexeren Handlungen und diesbezügliche Erwartungen der Lehrer sich mit der Aus-

Tab. 7: Umsetzungsstufen der Handlungsschritte, getrennt nach dominanten Basismodellen der 80 Stunden sowie nach Schülern und Lehrern

	Schüler-Kurzfragebogen	Mittelw. Umsetz.-stufe Lehrer	Mittelw. Umsetz.-stufe Schüler	Prozentualer Anteil der Umsetzungsstufe Lehrer				Prozentualer Anteil der Umsetzungsstufe Schüler			
				St. 0	St. 1	St. 2	St. 3	St. 0	St. 1	St. 2	St. 3
Erfahrungslernen	3,28	1,39	1,09	7,4	52,7	29,9	8,1	21,9	51,0	19,0	5,9
Konzeptbildung	3,15	1,07	0,88	6,6	79,5	11,7	0,7	19,1	71,1	7,3	0,1
Problemlösen	3,21	1,29	1,09	11,4	49,8	32,7	3,1	20,3	48,8	23,7	2,0

bildungsdauer steigern. Mit zunehmender Klassenstufe wurden Umsetzungsstufen bei Lehrern und Schülern jedoch eher niedriger. Dies zeigte sich in negativen Korrelationen zwischen Jahrgangsstufe und mittleren Anforderungsniveaus. Für Schüler ist dieser Zusammenhang signifikant ($r=-0,418$, $p=0,026$), für Lehrer ist eine Tendenz zu erkennen ($r=-0,342$, $p=0,069$).

Wirkungen der Fortbildung

Die letzte Fragestellung bezog sich darauf, ob sich Veränderungen durch die Fortbildung in der Auswahl der Basismodelle und in einigen besonders wichtigen Handlungsschritten beobachten lassen. Hierzu wurden Mittelwerte der zeitlichen Anteile verschiedener Variablen in Videos vor Beginn der Fortbildung mit den Stundenmittelwerten von Videos innerhalb der Fortbildung mit Hilfe von T-Tests verglichen.

Besonders deutlich wurden Veränderungen im signifikant anwachsenden Anteil von Problemlösen im Verlauf der Fortbildung. Weiter erhöhten sich innerhalb einzelner Basismodelle die zeitlichen Anteile wichtiger Schritte, die durch die Fortbildung geschult wurden, deutlich. Dazu zählen Problemlösen Schritt 2 (Problempräzisierung) und Konzeptbildung Schritt 1 (Bewusstmachen des Wissens). Hier ist der Anstieg hochsignifikant (s. Tabelle 8). Im Verlauf der Fortbildung ergaben sich ebenfalls Veränderungen in den zeitlichen Anteilen der Umsetzungsstufen. Während

Umsetzungsstufe 0 auf Schülerseite deutlich abnahm, steigerte sich der Anteil der anspruchsvolleren Stufe 2.

Von besonderem Interesse war die Passung zwischen Lehrerhandlungen und Schülerhandlungen sowie zwischen Lehrererwartungen und dem Niveau, auf dem ihre Schüler darauf reagieren. Das Training der Lehrer zielte in diesem Bereich auf eine Steigerung der spezifischen Diagnosefähigkeiten. Es zeigte sich, dass sich Schüler und Lehrer im Mittel aller Stunden fast immer im gleichen Basismodell (97,5%) und dort im gleichen Handlungskettenschritt (98,5%) befanden. Dagegen stimmte im Mittel die erwartete mit der realisierten Umsetzungsstufe (Passung) nur in 76,2% der Unterrichtszeit überein.

Änderungen der Passung wurden in Abhängigkeit von der Fortbildungsdauer auf der Grundlage der ersten 4 Videos für 14 Klassen näher untersucht. (Von zwei Kursen des 13. Jahrgangs existieren wegen des kurzen Schuljahrs nur jeweils 3 Videos, ebenso wegen Erkrankung des Lehrers bzw. Lehrerwechsel zum Halbjahr für je eine Klasse der Sek. D).

Betrachtet man die Entwicklung der Mittelwerte der Passung über die vier Messzeitpunkte, so wird ein kontinuierlicher Anstieg sichtbar. Der Unterschied zwischen erstem und vierstem Messzeitpunkt ist bei einer hohen Effektstärke signifikant (Abbildung 2). Um die Validität der Videoanalyse zu überprüfen, wurden im Sinne einer Triangulation

Tab. 8: Veränderungen der Schüleraktivitäten innerhalb der Fortbildung, ¹ Prozentuale Zeitanteile bezogen auf alle Einzelstunden, ² Nur Stunden, in denen das Basismodell vorkam; ((**)) – signifikant auf dem 1%-Niveau, (*) – signifikant auf dem 5%-Niveau)

Basis: alle 18 + 62 Videos aus den 18 Klassen der FB	Mittelwert Zeitanteil Problemlösen gesamtes BM ¹	Mittelwert Zeitanteil Problemlösen 2 (Präzisierung) ²	Mittelwert Zeitanteil Konzeptbildung 1 (Bewusstmachen des Wissens) ²	Mittelwert Zeitanteil Ums.-stufe 0 Schüler	Mittelwert Zeitanteil Ums.-stufe 2 Schüler
1. Video	3,9 %	7,0 %	8,4 %	27,3 %	6,1 %
2.-5. Video	16,1 %	20,4%	15,1 %	18,3%	16,7 %
Signifikanz (T-Tests)	p=0,041 (*)	p=0,004 (**)	p=0,009 (**)	p=0,045 (*)	p=0,001 (**)

Korrelationen zwischen dem Schülerkurzfragebogen, einem Rating der Unterrichtsqualität und Ergebniswerten der Videoanalyse für die 20 Videos des ersten Messzeitpunkts vor Beginn der Fortbildung berechnet. Mit den teils neuen, teils bewährten Instrumenten wird Unterricht aus verschiedenen Perspektiven betrachtet. Es ergeben sich einige plausible Korrelationen. Auf eine Unterrichtsstunde aggregiert korreliert das Schülerempfinden „gut mitmachen zu können“ sehr hoch mit dem Anteil „Lernen durch Eigenerfahrung“ (LdE), außerdem mit der Umsetzungsstufe auf Schülerseite und der Länge des führenden

Basismodells. Es korreliert signifikant negativ mit den Zeitanteilen, in denen der Kodierer kein Basismodell eindeutig erkennen konnte, in denen also mehrere Unterrichtsziele denkbar bzw. Zielsetzungen unklar waren. Zum Rating der Unterrichtsqualität ergeben sich ebenfalls sinnvolle Korrelationen. Das Konstrukt „Individualisierung des Unterrichts“ korreliert signifikant mit „Eigenerfahrung der Schüler“ (hier war auch die Umsetzungsstufe im Mittel am höchsten), „Klarheit und Strukturiertheit“ wiederum korreliert marginal signifikant mit der Einschätzung des Unterrichts in den Schülerkurzfragebögen.

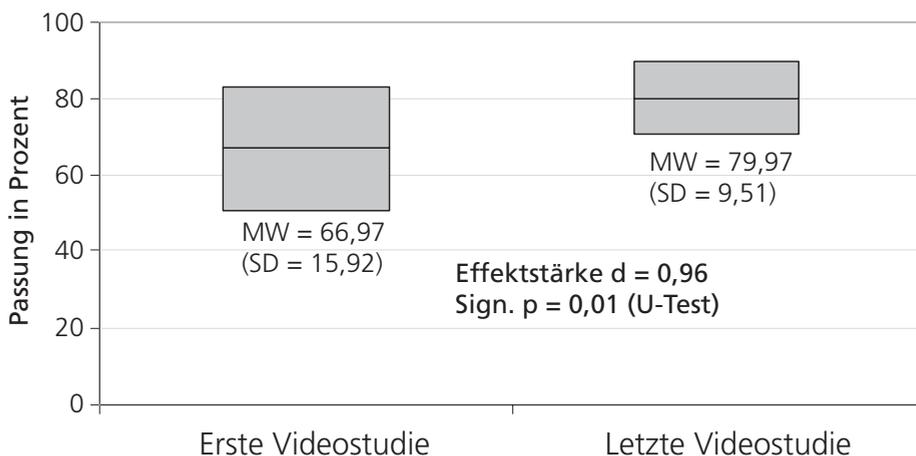


Abb. 2: Zeiten gleicher Umsetzungsstufen

Tab. 9: Korrelationen zwischen verschiedenen Instrumenten, die unterschiedliche Perspektiven beschreiben. (** – signifikant auf dem 1%-Niveau, * – signifikant auf dem 5%-Niveau, t* – tendenziell signifikant auf dem 10%-Niveau)

			Videoanalyse nach Basismodellen				Schüler-Kurzfragebogen
			U-Stufe Schüler	Anzahl LdE-Minuten	Anzahl 2BM-Minuten	Länge führendes BM	„konnte gut mitmachen“
Schüler-Kurzfragebogen	„konnte gut mitmachen“	Korr. r Sig. p N	0,551* 0,01 20	0,825** 0,00 15	-0,516* 0,02 20	0,48* 0,03 20	
UQua-Rating	Individualisierung Unterricht	Korr. r Sig. p N	0,07 0,78 20	0,59* 0,02 15	-0,24 0,30 20	0,32 0,17 20	0,19 0,42 20
	Klarheit u. Strukturiertheit	Korr. r Sig. p N	0,22 0,36 20	0,23 0,41 15	-0,16 0,49 20	0,11 0,64 20	0,39(t*) 0,09 20

8 Diskussion der Ergebnisse

Gemäß unserer ersten Fragestellung kann Physikunterricht weitgehend mit der Theorie der Basismodelle (Oser & Baeriswyl, 2001) analysiert und beschrieben werden. Dazu wurden zuverlässige Untersuchungsinstrumente entwickelt, die sich auch in der Praxis von Lehrerfortbildung bewährt haben. Vor allem die hochinferente Videoanalyse von Unterrichtsstunden kann Lehr-/Lernprozesse auf einer recht engen zeitlichen Skala auflösen. Es erwies sich dabei als sinnvoll, gemäß der Theorie zwischen verschiedenen Zieldimensionen des Unterrichts und ihren entsprechenden Lernwegen in Form von notwendigen Handlungsschritten zu differenzieren. Als besonders wichtig hat sich dabei die Möglichkeit erwiesen, Handlungen von Lehrern und Schülern getrennt, aber aufeinander bezogen, zu kodieren und ihnen ein Niveau der Erwartung bzw. der Umsetzung zuzuordnen.

Der beobachtete Physikunterricht besteht überwiegend aus konzeptbildenden Sequenzen, gefolgt von Abschnitten mit dem Ziel „Lernen durch Eigenerfahrung“. Im Verlauf der Fortbildung ging der Zeitaufwand für „Erfahrungslernen“ jedoch vor allem zugunsten

von „Problemlösen“ zurück. Problemlösen besitzt trotzdem einen untergeordneten Stellenwert, was erstaunlich ist, wenn man die schon seit langem in der Physikdidaktik propagierte Forderung nach Problemorientierung berücksichtigt. Dieses Ergebnis ist konsistent mit den von Reyer (2004) erhobenen Daten, der in seiner Studie zu 5,96% problemlösenden Unterricht fand. immerhin hat sich im Verlauf der Fortbildung der Anteil von Problemlösen verdreifacht (Basis: 80 Unterrichtsvideos aller 18 Klassen).

Zur zweiten Fragestellung, die sich vorwiegend auf die Art und Komplexität einzelner Handlungsschritte bezog, lassen sich weitere Informationen aus einer Aufschlüsselung nach den drei Basismodellen gewinnen.

Lernen durch Eigenerfahrung zeichnet sich durch eine im Mittel recht umfangreiche Planungs- (1), eine noch größere Durchführungs- (2) und eine etwas kleinere Ergebnisphase (3) aus. Schritt 4, der Vergleich mit Erfahrungen anderer und die Generalisierung der Erfahrungen und Ergebnisse, nimmt demgegenüber deutlich weniger Raum ein. Hier besteht die Gefahr, dass dadurch Erfahrungen nicht langfristig lernwirksam werden.

Problemlösen ist vor allem durch den Umfang der Schritte 3 und 4 gekennzeichnet, in denen es um Lösungsvorschläge und Hypothesen bzw. deren Überprüfung geht, weniger durch Problemfindung und -präzisierung. Insgesamt wird hier jedoch eine etwas gleichmäßigere Verteilung, zumindest auf die ersten vier Handlungsschritte, sichtbar, was, ebenso wie der größere zeitliche Umfang, möglicherweise ein Ergebnis der Fortbildung ist.

Bei *Konzeptbildung* fällt vor allem der Umfang der Phase 2 auf, in der es um die Vorstellung des Konzepts geht. Deutlich kürzer ist die Erarbeitung und Darstellung der wesentlichen Merkmale und Prinzipien des neuen Konzepts in Schritt 3, während dann in Schritt 4 der aktive Umgang mit dem Konzept wieder einen etwas breiteren Raum einnimmt. Damit wird die Differenzierung der Leistung deutschen Physikunterrichts durch Prenzel u. a. (2001, 244) bestätigt: "Die erheblichen Schwierigkeiten, die deutsche Schülerinnen und Schüler im Bereich des naturwissenschaftlichen Verständnisses und bei der Anwendung ihres Wissens haben, weisen darauf hin, dass der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland noch zu wenig problem- und anwendungsorientiert angelegt ist."

Über Konsequenzen aus der Betonung oder Vernachlässigung einzelner Schritte erwarten wir weitere Aufschlüsse durch zukünftige Auswertungen, etwa durch Korrelationen mit den Umsetzungsniveaus und durch Detailanalysen einzelner Videos.

Schüler und Lehrer befinden sich mit geringen Abweichungen im gleichen Basismodell und auch im gleichen Handlungsschritt. Hier folgen Schüler, manchmal mit einer kleinen zeitlichen Verzögerung, den strukturierenden Vorgaben ihrer Lehrer recht eng. Betrachtet man den zeitlichen Umfang der einzelnen Handlungskettenschritte, so zeigen sich gemäß der zweiten Hypothese Abweichungen von einem theoretisch optimalen Verlauf. Es fällt auf, dass Schritt 5 in allen Basismodellen trotz Fortbildung äußerst selten beobachtet wird. Hier geht es immerhin um wichtige Aktivitäten wie Dekontextualisieren, Abstrahie-

ren und Vernetzen mit bestehendem Wissen.

- Zwei Gründe für das Fehlen sind denkbar:
- Dieser Schritt spielt im Unterricht keine Rolle, das Defizit identifiziert also eine wichtige, konzeptuelle Schwachstelle des üblichen Physikunterrichts.
 - Schritt 5 fehlt aus Zeitgründen in einer Einzelstunde (45 Minuten).

Da die Vollständigkeit der Handlungsketten explizit zur Fortbildung gehörte und in der angeleiteten Unterrichtsplanung stets beachtet wurde, sind bei den Lehrern der Fortbildung keine Theoriedefizite und keine bewussten Missachtungen anzunehmen. Es fällt allerdings auf, dass selbst bei großzügiger Betrachtung nur in 4 von 80 analysierten Videos ein Inhalt in allen fünf Schritten eines Basismodells bearbeitet werden konnte. In der Regel reichte offensichtlich die Zeit lediglich bis Schritt 3 oder maximal Schritt 4, selten konnten wir Folgestunden beobachten, in denen Schritte der Vorstunde fortgesetzt wurden. Offensichtlich reichen jedoch 45 Minuten meist nicht aus, um Lernprozesse im Physikunterricht vollständig abzuschließen.

Als wertvoll für die Analyse von Unterricht erwies sich die Kodierung der Umsetzungsstufen bzw. Anforderungsniveaus. Gemessen an den theoretisch formulierten Ansprüchen bzw. Zielen bewegt sich der Unterricht auf einem niedrigen Anforderungsniveau. Das gilt besonders für konzeptbildende Stunden, für die eine kleinschrittige Vorgehensweise nach einem fragend entwickelnden Schema typisch zu sein scheint. Das muss zunächst nicht unbedingt auf Defizite des Unterrichts zurückzuführen sein, da eine enge Strukturierung für unerfahrene Klassen durchaus angemessen sein kann. Es gibt jedoch zu denken, dass sich Lerneffekte in höheren Klassen nicht in komplexeren Aktivitäten ausdrücken. Außerdem geben diese Schüler an, trotz dieser Kleinschrittigkeit dem Unterricht eher weniger gut folgen zu können.

Bezüglich der dritten Fragestellung lassen sich Veränderungen im Unterricht als Wirkung der Fortbildung beobachten. Besonders deutlich wird dies beim Basismodell

Problemlösen, dessen Umfang und Qualität (gemessen an der Vollständigkeit der Handlungsschritte) erhöht wurde, und an einzelnen Schritten der anderen Basismodelle. Eine verbesserte Lernprozessorientierung der Lehrer drückte sich auch in den Verschiebungen der Anforderungsniveaus zu komplexeren Handlungen aus. Es steigerte sich zusätzlich der Grad der Übereinstimmung zwischen Schülern und Lehrern signifikant und mit hoher Effektstärke. Die teilnehmenden Lehrer orientierten also im Mittel die Anforderungen ihres Unterrichts im Fortbildungsverlauf immer besser an den kognitiven Möglichkeiten ihrer Schüler.

9 Fazit und Ausblick

Insgesamt hat die Fortbildung wichtige Ziele erreicht. Für die inhaltliche Strukturierung der Arbeit mit den Lehrern hat sich das von uns genutzte Handlungsmodell als Ansatz zur bewussten Veränderung von Lehrerhandeln bewährt. Als methodisch effektiv erwiesen sich die Vorbesprechungen mit dem Coach sowie die Nachbesprechungen unter Verwendung der Videoanalysen. Dass sich bei den beteiligten Lehrpersonen gemäß unseren Anfangsfragestellungen andere Perspektiven auf Lernprozesse eröffnet haben, zeigen beobachtbare Handlungen in ihrem Unterricht. Auch der signifikante Anstieg des Problemlösens zeigt, dass in einigen Klassen neue, fachlich sinnvolle Wege des Lernens beschritten wurden, die Lernen variabler machen und von Schülern und Lehrern durchaus als gewinnbringend angesehen werden.

Für die Analyse von Lernprozessen im Physikunterricht haben wir ein brauchbares Analyseinstrument entwickelt, das reliabel und valide ist. Durch differenziertere Auswertungen der damit gemessenen Daten erwarten wir weitere Aufschlüsse zur Gestaltung von Lernprozessen. Es ist wahrscheinlich, dass sich dabei zentrale Problembereiche des Physikunterrichts identifizieren lassen, die unmittelbar zu neuen didaktischen Fragestellungen, Lösungsvorschlägen und Untersuchungen führen werden. Massiver didaktischer Handlungsbedarf scheint vor allem im Bereich physikalischer

Konzeptbildung zu bestehen, der immerhin den größten Teil der Unterrichtszeit beansprucht. Befunde zum Physikunterricht von Seidel u. a. (2006) werden damit in dieser Studie bestätigt und noch genauer eingegrenzt. Bei der Erarbeitung neuer Konzepte dominieren eng geführte fragend entwickelnde Unterrichtsgespräche, die in ihrer Kleinschrittigkeit von den Schülern als wenig verständnisfördernd beurteilt werden. Die Stabilität derartiger Unterrichtsskripts, die auch in unserer Fortbildung nicht leicht zu erschüttern war, weist auf tief sitzende epistemische Wurzeln hin, die nach wie vor die deutsche Unterrichtstradition bestimmen. Hier können Ländervergleiche wie zwischen Deutschland und der Schweiz (Labudde & Duit, 2007) zeigen, dass es auch anders, eventuell auch erfolgreicher geht.

Es ist außerdem zu beachten, dass die Theorie der Basismodelle ursprünglich für allgemeine Lernprozesse formuliert wurde und deshalb an manchen Stellen wenig spezifisch ist. Zur Anpassung an fachliche Strukturen sind weitere Arbeiten auf der theoretischen Ebene notwendig, in denen Verbindungen zwischen Lernprozessen und physikalischen Denk- und Arbeitsweisen hergestellt werden. Dies bezieht sich vor allem auf die fachspezifische Modellierung von Problemlösen, die Rolle der Erfahrung beim Erkenntnisgewinn und vor allem auf Möglichkeiten einer schülergemäßen Konzeptbildung. Trotz seiner Bedeutung für Lernen und Unterricht wurde Konzeptbildung bisher im Gegensatz zum weitaus seltener vorkommenden Konzeptwechsel in der fachdidaktischen Forschung erstaunlich wenig bearbeitet. Weiter wäre die Übertragbarkeit von Ergebnissen auf andere naturwissenschaftliche Fächer zu prüfen.

Schließlich werden zurzeit weitere Daten im Vergleich mit den Kontrollgruppen ausgewertet. Damit soll die Frage beantwortet werden, ob und in welcher Weise die Fortbildung auch einen Effekt für die Schüler hatte. Es ist zu erwarten, dass auf dieser Grundlage lernprozessorientierte Fortbildungen zukünftig noch effektiver gestaltet werden können.

Literatur

- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte*. Bern: Hans Huber.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Ed.), *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S. 177-212). Göttingen: Hogrefe.
- Brown, J.S., Collins, A. & Duguid, S. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32-42.
- Brückmann, M. & Duit, R. (2007). Rekonstruierte Sachstrukturen im Physikunterricht. In D. Höttercke (Ed.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich* (S. 634-636). Münster: Lit.
- Brückmann, M., Duit, R., Tesch, M., Fischer, H., Kauertz, A., Reyer, T., Gerber, B., Knierim, B., & Labudde, P. (2007). The potential of video studies in research on teaching and learning science. In R. Pintó, & D. Couso, Eds., *Contributions from science education research*. Dordrecht, Niederlande: Springer (im Druck).
- Clausen, M. (2002). *Unterrichtsqualität. Eine Frage der Perspektive?* Münster: Waxmann.
- Clausen, M. (2004). *Online Rater-Inventar zur Unterrichtsqualität*, 3. Revision. Universität Mannheim.
- Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989). Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing and Mathematics. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, Learning, and Instruction. Essays in Honor of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- 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. (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* (S. 73-92). Zeitschrift für Pädagogik, 41, Beiheft.
- Ditton, H. (2002). Unterrichtsqualität – Konzeptionen, methodische Überlegungen und Perspektiven. *Unterrichtswissenschaft*, 30, 197-212.
- Dörner, D., Schaub, H., Strohschneider, S. (1999): Komplexes Problemlösen – Königsweg der Theoretischen Psychologie?. *Psychologische Rundschau*, 50(4), 198-205.
- Eder, F. (1996). Schul- und Klassenklima. Ausprägung, Determinanten und Wirkungen des Klimas an höheren Schulen. In *Studien zur Bildungsforschung und Bildungspolitik* 8 (S. 262- 270). Innsbruck: Studien-Verlag.
- Einsiedler, W. (1997). Unterrichtsqualität und Leistungsentwicklung. In F. E. Weinert & A. Helmke (Eds.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 225-240). Weinheim: PVU.
- Fischler, H. & Schröder, H.-J. (2003). Fachdidaktisches Coaching für Lehrende in der Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 43-62.
- Getzels, J.W. & Jackson, P.W. (1970). Merkmale der Lehrerpersönlichkeit. In K. Ingenkamp (Ed.), *Handbuch der Unterrichtsforschung, Bd. II* (S. 1353-1526). Weinheim: Beltz.
- Groeben, N. (1986). *Handeln, Tun, Verhalten als Einheiten einer verstehend-erklärenden Psychologie*. Tübingen: Francke.
- Groeben, N., Wahl, D., Schlee, J. & Scheele, B. (1988). *Forschungsprogramm Subjektive Theorien. Eine Einführung in die Psychologie des reflexiven Subjekts*. Tübingen: Francke.
- Helmke, A. & Weinert, F. E. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistung. In F. E. Weinert (Ed.), *Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S. 71-176). Göttingen, Hogrefe.
- Helmke, A. (2003). *Unterrichtsqualität – erfassen, bewerten, verbessern*. Seelze: Kallmeyer.
- Kelly, G. A. (1986). *Die Psychologie der persönlichen Konstrukte*. Paderborn: Junfermann.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häufßler, P. (2000). *Physikdidaktik: Eine Einführung in Theorie und Praxis*. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Klieme, E., Lipowsky, F., Rakoczy, K. & Ratzka, N. (2006). Qualitätsdimensionen und Wirksamkeit von Mathematikunterricht. In M. Prenzel, L. Allolio-Näcke (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule, Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 127-146). Münster: Waxmann.
- KMK (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss* – Beschluss vom 16.12. 2004. Herausgegeben vom Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. München: Luchterhand.
- Laudan, L.(1996). *Beyond Positivism and Relativism - theory, method and evidence*. Boulder/Oxford: Westview Press.

- Labudde, P. & Duit, R. (2007). Zum Design einer bi-nationalen Videostudie zum Physikunterricht. In D. Höttecke (Ed.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich* (S. 631-633). Münster: Lit.
- Lederman, N. G. (2004): Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. In L.B. Flick & N.G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (pp.301-317). Dordrecht (NL): Kluwer.
- Lipowski, F. (1988). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? Befunde der Forschung und mögliche Konsequenzen für die Praxis. *Die Deutsche Schule*, 96, 462-480.
- Mahoney, M. J.(1977). *Kognitive Verhaltenstherapie – Neue Entwicklungen und Integrations-schritte*. München: Pfeiffer.
- Mutzek, W. (1988). *Von der Absicht zum Handeln*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Oser, F., Dick, A. & Patry, J. (Hrsg.) (1992). *Effective and responsible teaching: The new synthesis*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Oser, F. K. & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In V. Richardson (Eds.), *Handbook of Research on Teaching* (4th Edition) (pp.1031-1065). Washington: American Educational Research Association.
- Pauli, C., & Reusser, K. (2003). Unterrichtsskripts im schweizerischen und im deutschen Mathematikunterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 31, 238-272.
- Petko, D., Waldis, M., Pauli, C. & Reusser, K. (2003). Methodologische Überlegungen zur videogestützten Forschung in der Mathematikdidaktik. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 35(6), 265-280.
- Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P. & Klopp, A. (2001). Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In Deutsches PISA-Konsortium (Eds.), *PISA 2000* (S. 191-248). Opladen: Leske und Budrich.
- Reyer, T. & Fischer, H. E. (2002). Videoanalysen in der Unterrichtsforschung. In E. Kircher & W. B. Schneider (Eds.), *Physikdidaktik in der Praxis* (S. 334-348). Berlin: Springer.
- Reyer, T. (2004). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht*. Berlin: Logos.
- Reyer, T., Trendel, G. & Fischer, H. E. (2004). Was kommt beim Schüler an? – Lehrerintentionen und Schülerlernen im Physikunterricht. In J. Doll & M. Prenzel (Eds.), *Bildungsqualität von Schule, Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 195-211). Münster: Waxmann.
- Rimmele, R. (2007). *Das Programm Videograph*. Internet: <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/videograph/htmStart.htm> (12.03.2007).
- Rosenshine, B. & Stevens, R. (1986). Teaching functions. In M.C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3th Edition) (pp. 376-391). New York: Macmillan.
- Seidel, T. & Prenzel, M. (2004). Muster unterrichtlicher Aktivitäten im Physikunterricht. In J. Doll & M. Prenzel (Eds.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 177-194). Münster: Waxmann.
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Schwindt, K., Kobarg, M., Herweg, C. & Dalehefte, I.M. (2006). Unterrichtsmuster und ihre Wirkungen. Eine Videostudie im Physikunterricht. In Prenzel, M. & Alloioio.Näcke, L. (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 99-123) . Münster: Waxmann.
- Staub, F. (2001): Fachspezifisch-pädagogisches Coaching: Theoriebezogene Unterrichtsentwicklung zur Förderung von Unterrichtsexpertise. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 19(2), 175-198.
- Staub, F. (2004). Fachspezifisch-Pädagogisches Coaching: Ein Beispiel zur Entwicklung von Lehrerfortbildung und Unterrichtskompetenz als Kooperation. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, Beiheft 3, 113-141.
- Terhart, E. (2005). Wie geht es weiter mit der Allgemeinen Didaktik – und was bedeutet das für die Lehrerbildung? In A. Pitton (Ed.), *Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung* (S. 44-55). Münster: Lit.
- Wahl, D. (2001). Nachhaltige Wege vom Wissen zum Handeln. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 19(2), 157 – 174.
- Wahl, D. (2002). Mit Training vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln? *Zeitschrift für Pädagogik*, 48, 227 – 241.
- Wang, M.C., Haertel, G. D. & Walberg, H.J. (1990). What Influences Learning? A Content Analysis of Review Literature. *Journal of Educational Research*, 84, 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, 365-376.
- Widodo, A. & Duit, R. (2005). Konstruktivistische Lehr-Lern-Sequenzen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 131-146.
- West, L. & Staub, F. (2003). *Content-Focused Coaching: Transforming Mathematics Lessons*. Portsmouth, NH (USA): Heinemann.

Kontakt

Dr. Georg Trendel

Dr. Rainer Wackermann

Prof. Dr. Hans E. Fischer

Universität Duisburg-Essen

Forscherguppe Naturwissenschaftlicher Unterricht
(nwu-essen)

Schützenbahn 70

45117 Essen

georg.trendel@uni-due.de

Autoreninformation

Georg Trendel war seit 1982 als Lehrer für Physik und als Moderator in der Fortbildung tätig. Er arbeitet seit April 2004 als abgeordneter Lehrer in der Forschergruppe mit dem Schwerpunkt Professionsentwicklung von Lehrern der Naturwissenschaften. Rainer Wackermann ist ausgebildet für das Lehramt Physik an Gymnasien und schreibt zurzeit seine Dissertation in der nwu-essen. Sein Thema ist die Evaluation der Wirksamkeit der beschriebenen lernprozessorientierten Fortbildung.

Hans E. Fischer ist Professor für Didaktik der Physik an der Universität Duisburg-Essen und Sprecher der Forschergruppe Naturwissenschaftlicher Unterricht.