

ARI WIDODO UND REINDERS DUIT

Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts

Zusammenfassung:

Seit rund 20 Jahren spielen konstruktivistische Sichtweisen in der naturwissenschaftsdidaktischen und psychologischen Lehr-Lern-Forschung eine wichtige Rolle. Konstruktivistische Ansätze scheinen insgesamt gesehen besser als traditionelle geeignet zu sein, Schülerinnen und Schüler zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung im Sinne von „scientific literacy“ zu führen. In einer Reihe von Studien hat sich gezeigt, dass sie mit besseren Lernergebnissen verbunden sind. Qualitätsentwicklungsprogramme (wie in Deutschland das BLK Modellversuchsprogramm SINUS) basieren in der Regel auf konstruktivistischen Ideen. Es zeigte sich aber, dass es außerordentlich schwer ist, diese konstruktivistischen Ideen in der Praxis zu etablieren. Es gibt eine große Kluft zwischen dem Wissensstand zu effektivem Lehren und Lernen in der Lehr-Lern-Forschung und der unterrichtlichen Praxis. Die Studie, die hier vorgestellt wird, ist Teil der IPN-Videostudie Physik, die in das Schwerpunktprogramm „BiQua“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft eingebettet ist. Ziel der Studie ist es, zu untersuchen, in wie weit die Praxis „normalen“ Physikunterrichts „konstruktivistisch orientiert“ ist. Auf Video aufgezeichnete Unterrichtsstunden von 13 Lehrkräften wurden mit dem Kategoriensystem KONU (Konstruktivistisch Orientierter Naturwissenschaftlicher Unterricht) analysiert. Es stellte sich heraus, dass zentrale Kennzeichen konstruktivistisch orientierter Lernumgebungen nur selten beobachtet werden konnten. Es zeigte sich auch, dass die Entwicklung der Leistung in solchen Klassen besser ausfiel, in denen bestimmte Kennzeichen (wie zum Denken herausfordernde Probleme anbieten oder an Schülervorstellungen anknüpfen) häufiger beobachtet werden konnten. In Interviews mit den Lehrkräften wurde klar, dass die meisten von ihnen keine konstruktivistischen Sichtweisen vom Lehren und Lernen besitzen und dass sie über die Ergebnisse der aktuellen Lehr-Lern-Forschung kaum informiert sind.

Abstract:

Since the 1980s constructivist views have played an important role in science education research and in research on learning and instruction in general. It appears that constructivist approaches are better suited than “traditionally” oriented approaches to address key issues of recent conceptions of scientific literacy. There is also evidence that they allow more efficient teaching and learning processes. Recent quality development projects are usually based on constructivist ideas. However, it turned out that it is rather difficult to set constructivist ideas into practice. There is a large gap between what research on teaching and learning has to offer instructional design on the one hand and instructional practice in normal classes on the other. The study presented here is part of the “IPN - Physics Video Study” which is a project within the “BiQua” Priority Program of the German Science Foundation. The main aim is to investigate whether the teaching practice of a sample of German physics teachers meets key characteristics of constructivist learning environments as proposed in the literature. A category system called COSC (Constructivist Oriented Science Classes) was developed to identify the extent constructivist characteristics may be observed in the lessons of the 13 teachers of the sample. It turned out that key characteristics of constructivist oriented learning environments are not frequently observed. Preliminary analyses revealed that if certain features occur more frequently (like providing thought provoking problems and addressing students’ ideas) the development of achievement is better. Interviews clearly showed that most teachers do not hold constructivist views of teaching and learning and that they are not informed about key results of research on teaching and learning.

1 Zu konstruktivistischen Sichtweisen vom Lehren und Lernen

Konstruktivistische Sichtweisen haben sich seit Ende der 1970er Jahre zum wichtigsten theoretischen Rahmen in der Lehr-Lern-Forschung entwickelt (Philipps, 2000; Steffe & Gale, 1995; Tobin, 1993). Es ist hier bewusst vom Plural „konstruktivistische Sichtweisen“ die Rede, weil es in der diesbezüglichen Literatur ein breites Spektrum von „Spielarten“ des Konstruktivismus gibt (Good, Wandersee & Julien, 1993). In den Didaktiken der Naturwissenschaften sind solche Sichtweisen bis heute das vorherrschende Paradigma – wenngleich sich die Akzente im Laufe der Zeit deutlich verschoben haben (White, 1997; Duit & Treagust, 1998, 2003). Stand zunächst der so genannte „radikale“ Konstruktivismus (Glaserfeld, 1993) im Mittelpunkt, so haben sich im Verlaufe der 1990er Jahre Varianten eines „moderaten“ Konstruktivismus durchgesetzt (Gerstenmaier & Mandl, 1995). Dieser moderate Konstruktivismus geht zunächst davon aus, dass zwar jedes Wissen, also auch wissenschaftliches Wissen, menschliche Konstruktion ist, stellt aber grundsätzlich die Existenz einer gewissen „Realität“ nicht in Frage. Mit anderen Worten, eine solipsistische Sicht wird vermieden. Er schlägt andererseits eine Brücke zwischen der Betonung der individuellen Konstruktion in eher radikal konstruktivistischen Ansätzen der 1980er Jahre und sozial-konstruktivistischen Positionen. Dies bedeutet, dass sowohl die individuellen mentalen Repräsentationen (die vorunterrichtlichen Vorstellungen) der Lernenden als auch die soziale und materielle Situation, in der gelernt wird, als „Ko-Konstrukteure“ des Wissens gesehen werden.

Kurz zusammengefasst, fokussieren konstruktivistische Ansätze zum einen darauf, dass die Lernenden sich ihr Wissen auf der Grundlage der bereits vorhandenen „Vorstellungen“ selbst konstruieren müssen. Die sorgfältige Berücksichtigung der vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler spielt deshalb in konstruktivistischen Ansätzen eine zentrale Rolle (Duit & Treagust, 1998). Lernen wird in vielen konstruktivistischen Ansätzen als Konzeptwechsel (conceptual change) ge-

sehen (Duit & Treagust, 2003). Dabei steht im Vordergrund, dass die vorunterrichtlichen Vorstellungen häufig – vor allem beim Lernen in den Naturwissenschaften – im fundamentalen Gegensatz zu den zu erwerbenden wissenschaftlichen Vorstellungen stehen. In einer Reihe von Konzeptwechselansätzen spielen kognitive Konflikte eine wichtige Rolle. Der Ansatz des „cognitive apprenticeship“ (Collins, Brown & Newman, 1989) kann als komplementäre Ergänzung des Konzeptwechselansatzes angesehen werden. Dort wird Lernen als schrittweise Einführung in eine neue Kultur bzw. eine neue Sprache gesehen. Weitere wichtige Gesichtspunkte werden durch das so genannte „situierte Lernen“ (Lave, 1991; Lave & Wenger, 1991) und „anchored instruction“ (Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1990) hervorgehoben. Hier geht es um den Aspekt der Einbettung des Lernens in „authentische“, lernförderliche Kontexte. Der so genannte „Cognitive Flexibility“ Ansatz von Spiro et al. (1992) betont, dass „multiple“ Kontexte und Perspektiven dafür sorgen müssen, dass die Abstraktion wissenschaftlicher Kontexte und der Transfer gelingen. Damit lässt sich vermeiden, dass erworbenes Wissen „träge“ (Gruber & Renkl, 2000; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001) bleibt.

Im Bereich der Didaktik der Naturwissenschaften haben sich die international führenden konstruktivistischen Ansätze (z.B. Driver, 1989) nicht darauf beschränkt, allein effektivere Lernumgebungen zu entwickeln. Vielmehr waren diese Ansätze verbunden mit umfassenden Bemühungen, Unterricht an den Lernfähigkeiten, den Interessen und Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler zu orientieren. Unter diesen Bedürfnissen sind Zielbereiche zu verstehen, die in heutigen Ansätzen von „scientific literacy“ (Bybee, 1997; de Boer, 2000; OECD-PISA, 1999) betont werden, nämlich Verstehen der Welt und Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungen über Aspekte, zu denen naturwissenschaftliches Wissen Orientierung liefert. Deshalb lag der Fokus in der Regel nicht allein auf der Verbesserung des Verständnisses von naturwissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien (den „Konzepten“,

die traditioneller Weise im Zentrum des naturwissenschaftlichen Unterrichts stehen) sondern auch auf der Erschließung von Denk- und Arbeitsweisen (den „Prozessen“) der Wissenschaften und dem Bild, das im Unterricht von den Naturwissenschaften vermittelt wird (NOS, Nature of Science; McComas, 1998; Höttecke, 2001). Insofern nehmen solche umfassenden konstruktivistischen Ansätze zentrale Aspekte heutiger Konzeptionen von scientific literacy explizit in den Blick (Duit & Treagust, 2003). Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass Qualitätsentwicklungsprogramme in diesem weiten Sinne konstruktivistisch orientiert sind. Das gilt zum Beispiel für das deutsche BLK Modellversuchsprogramm SINUS (Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts; s. Prenzel, 2003) und das Nachfolgeprogramm SINUS-Transfer (<http://www.sinus-transfer.de>). Es gilt aber auch für solche Programme auf internationaler Ebene (Beeth et al., 2002).

Die Frage, ob konstruktivistisch orientierte Ansätze bzw. Lernumgebungen effektiver sind als so genannte „traditionelle“ Ansätze, lässt sich nicht generell beantworten (Duit & Treagust, 1998). Es gibt durchaus Studien, bei denen sich keine Überlegenheit von konstruktivistisch orientierten Ansätzen ergibt. Wandersee, Mintzes und Novak (1994) kommen in einem umfassenden Review zum Schluss, dass sich konstruktivistische Ansätze als effektiv erwiesen haben. Sie machen aber auch darauf aufmerksam, dass es in einer Reihe der untersuchten Forschungsarbeiten Probleme bei den Forschungsmethoden gibt, so dass berichtete „Erfolge“ nicht immer ausreichend empirisch belegt sind. Empirische Befunde der naturwissenschaftsdidaktischen wie psychologischen Lehr-Lern-Forschung lassen sich aber insgesamt gesehen so zusammenfassen, dass konstruktivistisch orientierte Lernumgebungen sich in der Regel als effektiver hinsichtlich des Erwerbs von Wissen erweisen als die traditionell dominierenden Ansätze (Guzetti, Snyder, Glass & Gamas, 1993; Wandersee, Mintzes & Novak, 1994; Ditton, 2002; Staub & Stern, 2002).

Zu konstruktivistischen Sichtweisen gibt es

– teilweise heftig und auch polemisch geführte – Debatten. Sie betreffen einerseits eher subtile Aspekte der Konsistenz des radikalen Konstruktivismus von E.v. Glasersfeld (Suchting, 1998). Andererseits gibt es Einwände, die den Terminus „Konstruktivismus“ betreffen, bei denen aber zentrale Ideen, die mit dem Terminus verbunden werden, nicht in Frage gestellt werden (Jung, 1997). Schließlich gibt es eine Reihe von Argumenten, dass die vom Konstruktivismus betonten Ideen für den Unterricht nicht neu sind. Matthews (2000) und Solomon (1994) machen z.B. geltend, es handle sich nur um wieder aufgewärmte Ideen von Piaget bzw. von Ideen des „discovery“ learning. Terhart (2003) bringt ähnliche Argumente vor, räumt aber ein, dass es sich um Ideen handelt, die in der Praxis bisher keinen Eingang gefunden haben.

In der Tat finden sich Ideen, die heute vom „Konstruktivismus“ vertreten werden, in gut bekannten Ansätzen. Ausubels Diktum „The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach ...accordingly“ (Ausubel, 1968, v) ist ein häufig zitierter Bezugspunkt konstruktivistischer Ansätze. Bereits in Diesterwegs „Wegweiser zur Bildung für deutsche Lehrer“ (Diesterweg, 1835/1850) findet man ihn (Jung, 1993). Allerdings ist erstens zu berücksichtigen, dass die damit ausgedrückte Grundidee heute in eine umfassende Sichtweise von Lehr-Lern-Prozessen eingebettet ist. Zweitens haben die im Rahmen der konstruktivistischen Sichtweise durchgeführten empirischen Untersuchungen zur Rolle vorunterrichtlicher Vorstellungen im Lernprozess gezeigt, mit welchen Vorstellungen zu rechnen ist und wie man an ihnen anknüpfend unterrichten kann. In anderen Worten, rund 25 Jahre nach Ausubels Diktum ist sehr viel besser bekannt, was „Ascertain this and teach accordingly“ bedeutet.

Insgesamt sind die aufgeführten Kritiken ernst zu nehmen, sie geben Hinweise zur weiteren Entwicklung konstruktivistischer Ideen. Sie stellen aber aus unserer Sicht das gesamte „konstruktivistische“ Programm zur Verbesserung von Lehr-Lern-Prozessen nicht grundsätzlich in Frage. Es hat sich im Verlaufe zweier Jahr-

	Taylor & Fraser (1991)	Taylor et al. (1997)	Labudde (2000)	Jonassen et al. (1999)	Tenenbaum et al. (2001)	Gerstenmaier & Mandl (1995)
A	Prior knowledge		Individual dimension Teaching method dimension	Construction	Conceptual conflicts and dilemmas	
B		Personal relevance	Content dimension	Activity Authenticity	Meeting students' needs Resources Real life examples	Authenticity and situated Multiple context
C	Negotiation	Students' negotiation	Social communication dimension	Cooperation	Discussions and debates Sharing ideas with others	Social context Multiple perspectives
D	Autonomy Student centredness	Shared control Critical voice	Individual dimension	Intentionality	Motivation toward reflection and concept investigation	
E		Uncertainty				

Tab. 1: Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen

zehnte ein theoretischer Rahmen entwickelt, der es erlaubt, Lehr-Lern-Prozesse „einigermaßen“ konsistent und umfassend zu beschreiben. Die Einschränkung „einigermaßen“ weist darauf hin, dass noch viele Anstrengungen zur weiteren Entwicklung des konstruktivistischen Programms nötig sind. Dabei dürfen die zahlreichen Varianten konstruktivistischer Ansätze nicht als Schwäche des Programms angesehen werden. Die breite Vielfalt von Aspekten des Lehrens und Lernens kann nur mit „multi-perspektivischen“ Ansätzen theoretisch erfasst werden (Greeno, Collins & Resnick, 1997). Die Entwicklung des theoretischen Rahmens ist mit einer großen Zahl von empirischen Studien verbunden. Sie belegen, dass im Rahmen des konstruktivistischen Programms entwickelte Lehr-Lern-Umgebungen in der Regel den bisher dominierenden überlegen sind. Konstruktivistische Ideen bieten deshalb aus unserer Sicht einen fruchtbaren Rahmen für die Verbesserung der unterrichtlichen Praxis und der Lehrerbildung. Allerdings ist die Imple-

mentierung konstruktivistischer Ideen in der Praxis ein langwieriges und schwieriges Unternehmen (Windschitl, 2002). Eine möglichst genaue Kenntnis der Ideen und Muster, die naturwissenschaftlichen Unterricht in „normalen“ Klassen bestimmt, ist für eine erfolgreiche Implementation unverzichtbar. Es ist deshalb erstaunlich, dass es bisher nur eine kleine Zahl von solchen „Praxisstudien“ gibt (Duit, 2004; Anderson & Helms, 2001). Die hier vorgestellte Untersuchung versucht, die Praxis des Physikunterrichts aus der Perspektive einer konstruktivistischen Sicht des Lehrens und Lernens zu beschreiben.

2 Kennzeichen konstruktivistisch orientierter Lernumgebungen

Zwei Aspekte müssen bei konstruktivistischen Sichtweisen zum Lehren und Lernen unterschieden werden. Zunächst handelt es sich bei diesen Sichtweisen um epistemologische Positionen, also um Positionen zur „Natur“ der Erkenntnis und der Erkenntnisgewinnung. Klar

zu unterscheiden von diesen epistemologischen Positionen ist die Anwendung konstruktivistischer Sichtweisen in Lehr-Lern-Situationen. Zu fragen ist hier, wie Lernumgebungen gestaltet werden müssen, damit die Lernenden in der Lage sind, sich ihr Wissen eigenständig zu konstruieren. Um Kennzeichen solcher konstruktivistisch orientierten Lernumgebungen geht es im Folgenden.

Auf der Basis der Literatur werden zentrale Kennzeichen, die Lernen aus konstruktivistischer Sicht unterstützen, identifiziert. Wir greifen dabei insbesondere auf solche Arbeiten zurück, in denen diese Kennzeichen explizit herausgearbeitet werden. In Tab. 1 haben wir Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen in den für uns wichtigsten Arbeiten zusammengestellt und fünf Kategorien (A bis E) zugeordnet (eine ausführliche Diskussion zu dieser Tabelle findet sich in Widodo, 2004). Die in Tab. 1 aufgeführten Publikationen setzen unterschiedliche Schwerpunkte. Dies hängt mit den Zwecken zusammen, für die Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen herausgearbeitet werden. Gerstenmaier und Mandl (1995) präsentieren die in der letzten Spalte aufgeführten Kennzeichen in einem Übersichtsartikel zur Rolle konstruktivistischer Sichtweisen beim Wissenserwerb. Alle anderen Arbeiten haben die Kennzeichen als Grundlage für Fragebögen entwickelt. In den ersten beiden Spalten geht es um die erste und zweite Version eines Fragebogens zu konstruktivistischen Lernumgebungen: CLES (Constructivist Learning Environment Survey). Schülerinnen und Schüler geben Auskunft über die tatsächliche Lernumgebung und über die Lernumgebung, die sie gerne hätten. Labudde (2000) hat die in Tab. 1 aufgeführten Kennzeichen als Grundlage für seine Studien zum „Konstruktivismus im Physikunterricht in der Sekundarstufe II“ entwickelt. Bei Jonassen, Peck und Wilson (1999) geht es um die Beurteilung von Lernumgebungen, insbesondere hinsichtlich des Einsatzes von Medien, Unterrichtstechnologien und anderem Lernmaterial, bei Tenenbaum et al. (2001) um Lernumgebungen in der Universität und beim Fernstudium. Die in Tab. 1 aufgeführten Fragebogenstudien

geben Informationen über konstruktivistische Kennzeichen des Unterrichts durch Befragung von Beteiligten am Unterricht. Gallagher und Parker (1995) haben ein Instrument entwickelt, mit dem auf Video aufgezeichnete Unterrichtsstunden von „externen“ Beobachtern eingeschätzt werden können – STAM (Secondary Teacher Analysis Matrix). Sie klassifizieren Lernumgebungen durch ein Spektrum, das von „didactic“, über „early constructivist“ zu „constructivist inquiry“ reicht. Aspekte, die untersucht werden, sind der Inhalt der Stunden, die Aktionen der Lehrkräfte und Schüler sowie die verwendeten Materialien. Für jede Zelle der damit aufgespannten Matrix werden detailliert Kriterien beschrieben, die eine Einordnung erlauben.

Die fünf Kategorien, denen wir die in der Literatur beschriebenen Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen zugeordnet haben (s. Spalte 1 in Tab. 1) lassen sich wie folgt benennen:

- (A) Konstruktion des Wissens ermöglichen
- (B) Relevanz und Bedeutung der Lernerfahrungen
- (C) Soziale Interaktion
- (D) Unterstützung der Schüler beim eigenständigen Lernen
- (E) Wissenschaft, Wissenschaftler und wissenschaftliches Wissen

3 Das Kategoriensystem KONU (Konstruktivistisch Orientierter Naturwissenschaftlicher Unterricht)

Diese fünf Kategorien konstruktivistischer Lernumgebungen bilden die Basis des Kategoriensystems KONU, das im Folgenden vorgestellt wird. In Tab. 2 finden sich die fünf Kategorien in der ersten Zeile. Es folgen dann zu jeder Hauptkategorie Unterkategorien. Ausführliche Beschreibungen und Begründungen der Kategorien finden sich in Widodo (2004).

A. Konstruktion des Wissens ermöglichen geht von der konstruktivistischen Annahme aus, dass Wissen von Menschen konstruiert wird, dass die Lernenden vorunterrichtliche Vorstellungen besitzen, dass Lernen ein aktiver Pro-

zess der Konstruktion von Wissen ist und eine Veränderung der Vorstellungen der Lernenden mit sich bringt (Driver, 1989). Die Kategorie erfasst, in welchem Maße und auf welche Weise an vorunterrichtlichen Vorstellungen angeknüpft wird, um die Konstruktion des Wissens zu ermöglichen bzw. zu erleichtern.

„Schülern ihren Lernstatus im gesamten Thema bewusst machen“ (A-1) bedeutet, die Schüler über den Stellenwert des neu zu Lernenden zu informieren. Dies schließt die Rückschau und die Vorschau ein. Es geht also um Kennzeichen eines Unterrichts, die zum Vernetzen der Unterrichtsinhalte beitragen und Lernen

einzelner, unverbundener Bruchstücke verhindern.

„Exploration des Vorwissens oder der vorunterrichtlichen Vorstellungen“ (A-2) ist ein Kernstück konstruktivistischer Ansätze (Wandersee et al., 1994). Allerdings gibt es auch die Ansicht, dass es ggf. besser ist, auf solche Erkundungen zu verzichten, weil es in der zur Verfügung stehenden knappen Zeit schwierig werden kann, mit der Vielfalt der geäußerten – aus der Sicht der Wissenschaft „falschen“ – Vorstellungen angemessen umzugehen (Wiesner, 1995).

„Exploration der Denkweisen von Schülern“ (A-3): Die Denkweisen der Schüler unterscheiden sich in der Regel von der Art des

A. Konstruktion des Wissens ermöglichen	B. Relevanz und Bedeutung der Lernerfahrungen	C. Soziale Interaktionen	D. Unterstützung der Schüler beim eigenständigen Lernen	E. Wissenschaft, Wissenschaftler und wissenschaftliches Wissen
1. Schülern ihren Lernstatus im gesamten Thema bewusst machen. 2. Exploration des Vorwissens bzw. der vorunterrichtlichen Vorstellungen von Schülern. 3. Exploration der Denkweisen von Schülern. 4. Zum Denken herausfordernde Probleme anbieten. 5. Mit Schülervorstellungen auf „evolutionäre“ Weise umgehen. 6. Mit Schülervorstellungen auf „revolutionäre“ Weise umgehen.	1. Exploration der Interessen, Einstellungen und Gefühle der Schüler. 2. Lernbedürfnisse der Schüler berücksichtigen. 3. Vorgänge, Phänomene oder Beispiele aus dem Alltag berücksichtigen. 4. Verwendung von Materialien aus dem Alltag. 5. Diskussion von Anwendungsmöglichkeiten der gelernten Konzepte.	1. Austausch zwischen Schülern: a) Schüler fragen andere Schüler oder antworten ihnen. b) Schüler tauschen Ideen mit anderen Schülern aus. 2. Austausch zwischen Schülern und Lehrer: a) Schüler fragen den oder antworten dem Lehrer. b) Schüler tauschen Ideen mit dem Lehrer aus. 3. Soziale Organisation der Klasse. a) Einzelarbeit b) Gruppenarbeit c) Arbeit in der gesamten Klasse	1. Freiräume für eigenständiges Lernen bereitstellen. 2. Schüler ermutigen, ihre eigenen Ideen zu überdenken. 3. Schüler ermutigen, selbst-regulativ und reflektiert zu handeln. 4. Kritische Anmerkungen von Schülern ernst nehmen.	1. Die Vorläufigkeit von Wissenschaft anerkennen. 2. Unterschiede in Theorien und Sichtweisen anerkennen. 3. Die Rolle von Beobachtungen, Evidenzen, Hypothesen, Theorien und Gesetzen in der Wissenschaft. 4. Unterschiedliche wissenschaftlichen Forschungsstrategien anerkennen. 5. Die Grenzen wissenschaftlicher Erklärungen anerkennen.

Tab. 2: Überblick über die Kategorien zum konstruktivistisch orientierten Unterricht (KONU)

Denkens der Wissenschaft (Wandersee et al., 1994). Ist der Lehrer mit den Denkweisen der Schüler vertraut, hilft ihm das, die geeigneten Aktivitäten auszuwählen und angemessene Antworten zu geben sowie zu verstehen, warum Schüler bestimmte Erklärungen ablehnen oder bestimmte Experimente anders erklären als gedacht. Weiterhin erfahren die Schüler, wie ihre Mitschüler über die in Rede stehende Sache denken.

„*Zum Denken herausfordernde Probleme anbieten*“ (A-4) fördert das Denken und provoziert kognitive Konflikte, so dass sich neue konzeptuelle Strukturen bilden können (v. Glaserfeld, 1993; Vosniadou et al., 2001).

„*Mit Schülervorstellungen auf evolutionäre (A-5) bzw. revolutionäre (A-6) Weise umgehen*“ ist wiederum ein Kernstück konstruktivistischer Ansätze (Driver, 1989). Hier werden zwei Arten des Umgangs mit Schülervorstellungen unterschieden (Duit, 1999).

B. Relevanz und Bedeutung der Lernerfahrungen repräsentiert die konstruktivistische Annahme, dass die Konstruktion von Wissen in einen bestimmten sozialen und materialen Kontext eingebettet ist (Phillips, 2000). Diese Kategorie erfasst, in welchem Maße die Lernbedürfnisse der Schüler berücksichtigt werden, in welche Materialien, z.B. aus dem Alltag, genutzt werden, um den Schülern authentische, relevante und bedeutsame Lernerfahrungen zu ermöglichen.

„*Exploration der Interessen, Einstellungen und Gefühle der Schüler*“ (B-1) trägt dem von Pintrich, Marx and Boyle (1993) vorgebrachten Diktum, dass „cold conceptual change“ zu vermeiden sei, Rechnung. Die „persönliche Relevanz“ ist ein entscheidender Faktor beim Lernen (Taylor et al., 1997). Posner et al. (1982) haben diesen Gesichtspunkt in ihrer „klassischen“ Theorie des conceptual change durch den Aspekt des „dissatisfaction“ mit den bisher zur Verfügung stehenden Vorstellungen als Bedingung für die Bereitschaft, etwas Neues zu lernen, betont.

„*Lernbedürfnisse der Schüler berücksichtigen*“ (B-2) hängt eng mit der zuvor genannten Unterkategorie (B-1) zusammen. Ging es dort da-

rum, ob Interessen, Einstellungen und Gefühle erkundet werden, geht es hier um adäquates Anknüpfen an diesen affektiven Aspekten. Dabei kommen auch Gesichtspunkte, die in sozial-konstruktivistischen Ansätzen mit „authentisch“ und „situier“ bezeichnet werden, zum Tragen.

„*Vorgänge, Phänomene oder Beispiele aus dem Alltag berücksichtigen*“ (B-3) und „*Verwendung von Materialien aus dem Alltag*“ (B-4) schaffen potenziell für die Schüler bedeutungstragende „authentische“ (Gerstenmaier & Mandl, 1995) Lernkontexte. Diskussionen über Alltagserlebnisse helfen den Schülern, das im Unterricht Behandelte mit ihrem Alltag in Verbindung zu setzen.

„*Diskussion von Anwendungsmöglichkeiten der gelernten Konzepte*“ (B-5) bietet ähnlich wie die beiden vorstehend beschriebenen Unterkategorien, das Wissen in (multiple) Kontexte einzubetten, die für die Schüler persönliche Relevanz haben.

C. Soziale Interaktion geht von der konstruktivistischen Annahme aus, dass Wissen sozial konstruiert wird. Diese Kategorie erfasst, in welchem Maße Schülern die Gelegenheit geboten wird, mit anderen Schülern und dem Lehrer in verschiedenen sozialen Organisationsformen zu interagieren. Dabei spielen Interaktionsformen, die den Lernenden Gelegenheit geben, ihre Ideen mit anderen Lernenden zu diskutieren, eine besondere Rolle.

„*Austausch zwischen Schülern: (C-1a) Schüler fragen andere Schüler oder antworten ihnen; (C-1b) Schüler tauschen Ideen mit anderen Schülern aus*“ und „*Austausch zwischen Schülern und dem Lehrer: (C-2a) Schüler fragen den oder antworten dem Lehrer; (C-2b) Schüler tauschen Ideen mit dem Lehrer aus*“. Intensive Formen der Kommunikation mit anderen fördern das Verstehen anderer Standpunkte und damit die Revision der eigenen Vorstellungen. Unterschiedlich intensive Formen werden durch die beiden Unterkategorien erfasst.

„*Soziale Organisation der Klasse: (C-3a) Einzelarbeit, (C-3b) Gruppenarbeit, (C-3c) Arbeit in der gesamten Klasse*“. Diese Unterkategorien geben Auskunft, in welcher Sozialform die

jeweils beobachtete Interaktion (C-1 und C-2) auftritt.

D. Unterstützung der Schüler beim eigenständigen Lernen geht von der konstruktivistischen Annahme aus, dass Lernen intentional (Jonassen et al., 1999) ist und dass die Lernenden letztendlich selbst für ihr eigenes Lernen verantwortlich sind (Driver, 1989; Watts, 1994). Die Kategorie erfasst, in welchem Maße den Lernenden die Verantwortung für ihr Lernen gegeben wird und inwieweit sie gefördert werden, unabhängige Lerner zu werden. Dies schließt ein, dass die Lernenden den Lehr-Lern-Prozess bis zu einem gewissen Grade mitbestimmen können.

„*Freiräume für eigenständiges Lernen bereitstellen*“ (D-1) schafft die Voraussetzung dafür, dass Schüler eigenständig lernen können.

„*Schüler ermutigen, ihre eigenen Ideen zu überdenken*“ (D-2): Es ist für die Schüler nicht einfach, ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen und Ideen zu revidieren. Häufig halten sie an ihnen fest. Ein wichtiger Teil der Förderung unabhängigen Lernens besteht darin, die Schüler zum Überdenken und Revidieren ihrer Vorstellungen zu ermutigen und befähigen.

„*Schüler ermutigen, selbst-regulativ und reflektiert zu handeln*“ (D-3) basiert auf der konstruktivistischen Idee, dass Schüler fähig sein müssen, über ihr Lernen zu reflektieren und es dadurch zu kontrollieren. In anderen Worten geht es hier um meta-konzeptuelle Kompetenz (Gunstone, 1994; Watts, 1994).

„*Kritische Anmerkungen von Schülern ernst nehmen*“ (D-4): Wird den Schülern Eigenverantwortung für ihr Lernen übertragen, muss ihnen konsequenterweise auch erlaubt werden, ihre Anliegen bezüglich des Lernens zu äußern – ihnen muss „critical voice“ (Taylor et al., 1997) zugestanden werden.

E. Wissenschaft, Wissenschaftler und wissenschaftliches Wissen folgt der konstruktivistischen Annahme, dass wissenschaftliches Wissen von Menschen konstruiert wird und vorläufig ist. Diese Kategorie erfasst, in welchem Maße naturwissenschaftlicher Unterricht den Schülern Möglichkeiten bietet, zu erfahren,

wie Wissenschaft und Fachwissen kontinuierlich weiterentwickelt und revidiert werden. Hier geht es also um Aspekte, die im englischsprachigen Raum mit „Nature of Science“ (NOS; McComas, 1998) bezeichnet werden. Sie spielen in konstruktivistischen Ansätzen zum naturwissenschaftlichen Unterricht in der Regel eine wichtige Rolle. Was die Auswahl der Unterkategorien angeht, so orientieren wir uns an Aspekten, die in dem Übersichtsartikel von McComas und Olson (1998) und auf der Basis einer Befragung zur Rolle von NOS im Unterricht (Osborne et al., 2003) herausgearbeitet worden sind.

„*Die Vorläufigkeit von Wissenschaft anerkennen*“ (E-1): Hier geht es um den „Vorbehalt“, dass naturwissenschaftliches Wissen sich durch neue Erkenntnisse ändern kann. In der englischsprachigen Literatur steht hierfür in der Regel der Terminus „tentativ“ (McComas & Olson, 1998), bei Taylor et al. (1997) ist von „uncertainty“ (s. Tab. 1) die Rede.

„*Unterschiede in Theorien und Sichtweisen anerkennen*“ (E-2): Die Konstruktion des Wissens – auch des wissenschaftlichen Wissens – wird von Ideologien, Werten, religiösen Überzeugungen, Eigeninteressen und Erfahrungen beeinflusst (Phillips, 2000). Aus diesen Gründen können Wissenschaftler ggf. unterschiedliche Theorien und Vorstellungen entwickeln bzw. unterschiedliche Akzente setzen.

„*Die Rolle von Beobachtungen, Evidenzen, Hypothesen, Theorien und Gesetzen in der Wissenschaft*“ (E-3): Hier geht es um die Rolle zentraler Aspekte naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen.

„*Unterschiedliche wissenschaftliche Forschungsstrategien anerkennen*“ (E-4): Hier steht die Überzeugung im Mittelpunkt, dass es die universelle wissenschaftliche Methode nicht gibt.

„*Die Grenzen wissenschaftlicher Erklärungen anerkennen*“ (E-5) weist darauf hin, dass jede wissenschaftliche Erklärung nur innerhalb bestimmter Grenzen gültig (in der Sichtweise des radikalen Konstruktivismus von E. v. Glaserfeld, 1993, „viabel“) ist.

4 Ziele und Methoden der Untersuchung

4.1 Einbettung der Studie

Die hier vorgestellte Studie ist Teil der Videostudie Physik des IPN, die im Rahmen des Schwerpunktprogramms „BiQua“ von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wird.¹ Sie wurde im Rahmen der ersten Phase dieser Studie durchgeführt. Insgesamt gliedert sich die Videostudie Physik in drei Phasen. Ziel der ersten beiden Phasen ist, Muster unterrichtlichen Handelns und deren Zusammenhänge mit der Entwicklung von Lernleistung und affektiven Variablen wie Interesse und Selbstkonzept zu erforschen.

In der ersten Phase (2000 - 2002) wurde der Physikanfangsunterricht (7. bzw. 8. Schuljahr) von 13 Lehrkräften (344 Schülerinnen und Schüler aus Gymnasien (9 Klassen) und Realschulen (4 Klassen) in Schleswig-Holstein und Bayern zu zwei Themen (Abb. 1) aufgezeichnet. Alle beteiligten Schulen nahmen am BLK Modellversuchsprogramm SINUS (Prenzel, 2003) teil. Es handelt sich hier also um eine Stichprobe, die keine generellen Schlüsse auf den Physikanfangsunterricht in Deutschland erlaubt. Die erste Phase der Studie diente vor allem der Erprobung der Erhebungsmethoden und der Entwicklung erster Hypothesen zu dominanten Mustern des Physikunterrichts.

Die Zusammensetzung der Stichprobe in der zweiten Phase (2002 - 2004) erlaubt es, diese Hypothesen zu überprüfen. Es nahmen hier Lehrerinnen und Lehrer aus 50 Schulen in vier Bundesländern teil. Die Schulen wurden per Zufall ausgewählt. Aufgezeichnet wurden zwei Unterrichtsstunden zu den Themen „Kraft“ und „Optische Geräte“ im 9. Schuljahr. Eine Parallelstudie in der Deutschschweiz (Leitung: Prof. Dr. Peter Labudde, Bern) wird Vergleiche zwischen dem Physikunterricht in zwei unterschiedlichen unterrichtlichen Traditionen ermöglichen. In der abschließenden dritten Phase der Videostudie (2004-2006) werden sich zwei Studien mit der Verwendung von Unterrichtsvideos zur Entwicklung der subjektiven

Theorien von Physiklehrkräften zu „gutem“ Unterricht beschäftigen (<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/video/videostu.htm>).

4.2 Design

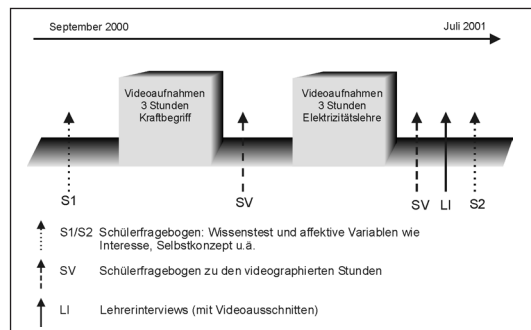


Abb. 1: Design der ersten Phase der Videostudie des IPN

Es wurden im Verlaufe eines Schuljahres die ersten drei Unterrichtsstunden zu zwei Themen auf Videoband aufgezeichnet. Die Analyse dieser Videoaufzeichnungen steht in der hier diskutierten Studie im Mittelpunkt. Die Ergebnisse der Fragebögen, die den Schülerinnen und Schülern am Beginn und Ende des Schuljahrs vorgelegt wurden, spielen allerdings ebenfalls eine Rolle. Sie erlauben es, Zusammenhänge zwischen bestimmten Mustern des Unterrichts, die sich aus der Analyse der Videos ergeben, und der Entwicklung von affektiven Variablen wie Interesse und Selbstkonzept sowie der Entwicklung der Leistung in den beiden aufgezeichneten Themen zu untersuchen. Für die Analyse der Lehrerinterviews spielt das Kodiersystem KONU, das hier zur Analyse der Videos verwendet wird, ebenfalls eine Rolle. Auf diese Arbeiten (Müller, 2004) wird allerdings hier nicht näher eingegangen.

4.3 Zur Aufzeichnung und Auswertung der Unterrichtsvideos

Die Unterrichtsstunden wurden mit zwei digitalen Videokameras aufgezeichnet (Seidel, Dalehefte & Meyer, 2001). Die Videos wurden

¹ Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dieses Projekts sind (in alphabetischer Reihenfolge): Inger Marie Dalehefte, Reinders Duit, Manfred Euler, Helmut Geisler, Lore Hoffmann, Manfred Lehrke, Lena Meyer, Christoph Müller, Manfred Prenzel, Rolf Rimmele, Tina Seidel, Maike Tesch, Ari Widodo.

Grundideen der Kategorie:

Fragen, Interessen und Einstellungen der Schüler sind Indikatoren für ihre Lernbedürfnisse. Diese anzusprechen, fördert die Relevanz und den Bedeutungsgehalt des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Beschreibung des beobachteten Verhaltens:

Der Lehrer geht auf Fragen, Interessen, Neugier oder Bedürfnisse der Schüler ein. Z.B.:

- Im Unterricht werden als Reaktion auf Interessen und „Neugier“ der Schüler entsprechende Aktivitäten angeboten.
- Im Unterricht werden Ideen der Schüler diskutiert.
- Der Lehrer organisiert als Reaktion auf Schülerfragen Versuche oder andere Aktivitäten.

Spezifische Kodierungsregeln:

Diese Kategorie erfasst jeden Versuch, die Lernbedürfnisse der Schüler anzusprechen, unabhängig davon, ob der Lehrer diese ausdrücklich exploriert oder nicht.

Abb. 2: Kodieranweisung für (B-2) „Lernbedürfnisse der Schüler berücksichtigen“

transkribiert und nach verschiedenen Kodiersystemen kodiert (zu den Untersuchungsmethoden der ersten Phase s. Prenzel, Duit et al., 2001). Eines dieser Systeme ist KONU, das Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen erfasst. Es wurde nach einem so genannten Zeitstichprobenplan kodiert. Alle 10 Sekunden wurde vermerkt, welche der oben (Tab. 2) genannten Kategorien beobachtet werden konnten. Die Software „Videograph“ (Rimmele, 2002) wurde bei der Kodierung verwendet.

Um eine ausreichende Übereinstimmung mehrerer Beobachter zu gewährleisten, wurden ausführliche Kodieranweisungen entwickelt (s. das Beispiel in Abb. 2).² Es konnten Übereinstimmungen (kappa scores) zwischen 0.83 und 1.00 (Mittelwert .94) erreicht werden. Alle Videos wurden von studentischen Hilfskräften nach der Kodieranweisung kodiert.

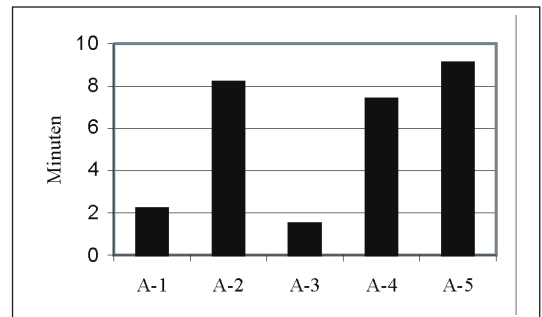
5 Ergebnisse

5.1 Deskriptive Ergebnisse

Zunächst wird dargestellt, wie häufig die durch das Kodiersystem KONU erfassten Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebung in den Unterrichtsstunden der 13 Lehrkräfte, die an der ersten Phase der Videostudie Physik teilnahmen, beobachtet werden konnten. In den Abbildungen, die dies zeigen, ist auf der

Ordinate jeweils die mittlere Zeit in Minuten aufgetragen, in der das betreffende Kennzeichen in allen 13 Klassen auftrat.

A. Konstruktion des Wissens ermöglichen



- A-1 Schülern ihren Lernstatus im gesamten Thema bewusst machen.
 A-2 Exploration des Vorwissens bzw. der vorunterrichtlichen Vorstellungen.
 A-3 Exploration der Denkweisen der Schüler.
 A-4 Zum Denken herausfordernde Probleme anbieten.
 A-5 Mit Schülervorstellungen auf „evolutionäre“ bzw. „revolutionäre“ Weise umgehen.³

Abb. 3: Ergebnisse zur Kategorie A

Es zeigt sich, dass nur wenig Zeit aufgewendet

² Die Kodieranweisungen können beim zweiten Autor angefordert werden (duit@ipn.uni-kiel.de)

³ In Abb. 3 ist unter A-5 die Summe der beiden Unterkategorien A-5 und A-6 (Tab. 2) aufgetragen.

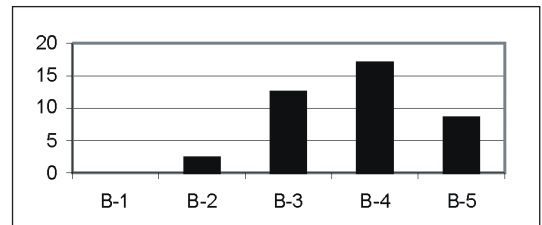
wird, um die Schüler über den Status des zu Lernenden (A-1) zu informieren. Selbstverständlich stellen Lehrkräfte am Beginn einer Unterrichtsstunde gelegentlich die Frage, warum es in der vorangegangenen Stunde ging. Aber dies ist in aller Regel nicht mit Hinweisen verbunden, wie das Neue damit in Verbindung steht. Im Lehrerinterview erklären viele Lehrkräfte, dass sie keine „Vorschau“ geben, um sich den Überraschungseffekt nicht nehmen zu lassen. Diese Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit anderen Ergebnissen der Videostudie, dass der Zweck des Lernens für die Schüler in vielen Stunden nicht klar ist (Prenzel et al., 2002).

Es wird relativ viel Zeit für die Erkundung des Vorwissens verwendet (A-2). Üblicherweise beginnt diese Phase mit der Frage „Was wisst ihr schon über...?“ Einige Lehrkräfte bitten die Schüler auch, ihre Ideen aufzuschreiben. Diese werden anschließend im Klassengespräch diskutiert und ggf. an der Tafel gesammelt. Da die Fragen der Lehrkräfte in der Regel recht allgemein sind, haben die Schülerinnen und Schüler kaum Gelegenheit, sich ihrer vorunterrichtlichen Vorstellungen bewusst zu werden. Dies aber ist ein entscheidender Gesichtspunkt in der Phase der Erkundung des Vorwissens (White & Gunstone, 1992). Insgesamt gesehen, wird zwar über das Vorwissen gesprochen, aber es wird nicht so herausgearbeitet, dass daran im weiteren Unterricht angeknüpft werden könnte. Über einen ähnlichen Befund berichten Hewson et al. (1999). Viele ihrer Lehrer in der Ausbildung erkundeten zwar das Vorwissen, aber nur wenige nutzten dies im weiteren Verlauf des Unterrichts.

Sehr selten gibt es Bemühungen, die Denkweisen von Schülern zu einem Thema (A-3) zu erkunden. Recht häufig dagegen werden zum Denken herausfordernde Probleme gegeben (A-4). Am häufigsten wird ein Kernstück konstruktivistischer Lernumgebungen beobachtet, das Anknüpfen an Schülervorstellungen. Immerhin rund 20% der Unterrichtszeit sind im Mittel diesem Aspekt gewidmet. Der Einsatz von Analogien und kognitiven Konflikten wird selten beobachtet. „Evolutionäre“ Strategien findet man häufiger als „revolutionäre“. Insgesamt

samt gesehen, spielen Konzeptwechselstrategien, wie sie in der Literatur beschrieben werden (Duit, 1999), keine große Rolle (vgl. Widodo & Duit, 2005). Dies ist auch nicht zu erwarten, weil die Lehrkräfte, wie die Lehrerinterviews gezeigt haben (Müller, 2004), über die Literatur zu Schülervorstellungen und Konzeptwechsel kaum informiert sind. Üblicherweise wird im Rahmen des fragend-entwickelnden Verfahrens vorgegangen. Die Lehrkraft eröffnet die Diskussion mit einer Frage, mit den Schülerinnen und Schülern wird dann in einer Serie von weiteren Fragen und Antworten auf die physikalische Erklärung hin gearbeitet. Wenn von kognitiven Konflikten Gebrauch gemacht wird, so geschieht dies üblicherweise ebenfalls im Rahmen des fragend-entwickelnden Gesprächs. Der Lehrer antwortet dann auf Schülerantworten mit der Konfrontation des „richtigen“ Konzepts oder weist darauf hin, dass z.B. das Experiment aber etwas anderes gezeigt habe. In beiden Fällen sind in der Regel die Beiträge der Lehrkraft entscheidend.

B. Relevanz und Bedeutung der Lernerfahrungen



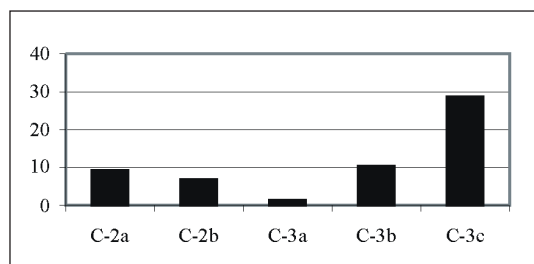
- B-1 Exploration der Interessen, Einstellungen und Gefühle der Schüler.
- B-2 Lernbedürfnisse der Schüler berücksichtigen.
- B-3 Vorgänge, Phänomene oder Beispiele aus dem Alltag berücksichtigen.
- B-4 Verwendung von Materialien aus dem Alltag.
- B-5 Diskussion von Anwendungsmöglichkeiten der gelernten Konzepte.

Abb. 4: Ergebnisse zur Kategorie B

Es zeigt sich, dass es in den von uns ausgezeichneten Stunden keine Bemühungen gibt,

Interessen, Einstellungen und Gefühle der Schülerinnen und Schüler zu erkunden. Es ist auch nur selten zu beobachten, dass Lernbedürfnisse berücksichtigt werden. Es scheint, dass die in der Literatur betonte Bedeutung affektiver Aspekte des Lernens sich kaum im Unterrichtsverhalten der Lehrkräfte niederschlägt, das durch die Unterkategorien B-1 und B-2 erfasst wird. Eine große Bedeutung spielt hingegen die Orientierung des Unterrichts am Alltag. In rund 30% der Unterrichtszeit geht es um Vorgänge, Phänomene und Beispiele aus dem Alltag (B-3), in etwa 40% um Materialien aus dem Alltag (meist Alltagsgeräte beim Experimentieren, aber auch Zeitungsausschnitte und dgl.). Auch viele Anwendungen (B-5) haben mit dem Alltag zu tun.

C. Soziale Interaktionen



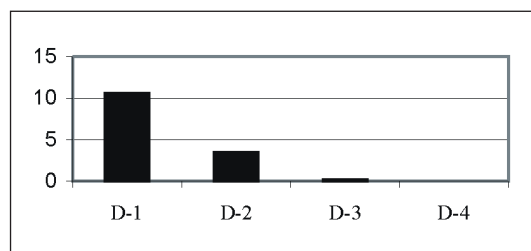
- C-2a Schüler fragen den oder antworten dem Lehrer.
 C-2b Schüler tauschen Ideen mit dem Lehrer aus.
 C-3a Einzelarbeit.
 C-3b Gruppenarbeit.
 C-3c Arbeit in der gesamten Klasse.

Abb. 5: Ergebnisse zur Kategorie C

Es stellte sich heraus, dass die in Tab. 2 aufgeführten Unterkategorien zum Austausch zwischen Schülern (C-1a und C-1b) nicht konsistent kodierbar waren. Eine der beiden Kameras erfasste zwar die gesamte Klasse, aber die sprachliche Kommunikation zwischen den Schülerinnen und Schülern war nicht klar zu verfolgen. Deshalb können zu diesen Kategorien keine Ergebnisse angegeben werden. Der Eindruck ist allerdings, dass Austausch zwischen den Schülern relativ selten vorkommt.

Was den Austausch zwischen Lehrkraft und Schülern angeht, so kommen einfache Formen deutlich häufiger vor (C-2a und C-2b). Insgesamt erweist sich der Unterricht als sehr lehrerorientiert. Gelegenheit für Einzelarbeit gibt es so gut wie nicht. Gruppenarbeit, in der Regel Schülerexperimente, bieten in etwa 25% der Unterrichtszeit Gelegenheit, dass sich Schülerinnen und Schüler aktiv mit einer Sache auseinander setzen können. Allerdings zeigen die Ergebnisse der Videostudie zum Experimentieren (Tesch & Duit, 2004; Duit et al., 2004), dass die Experimente nur wenig Gelegenheiten zum eigenständigen Planen und Interpretieren der Ergebnisse bieten.

D. Unterstützung der Schüler beim eigenständigen Lernen



- D-1 Freiräume für eigenständiges Lernen bereitstellen.
 D-2 Schüler ermutigen, ihre eigenen Ideen zu überdenken.
 D-3 Schüler ermutigen, selbst-regulativ und reflektiert zu handeln.
 D-4 Kritische Anmerkungen der Schüler berücksichtigen.

Abb. 6: Ergebnisse zur Kategorie D

Die Ergebnisse zu dieser Kategorie bestätigen den Eindruck eines stark lehrerzentrierten Unterrichts, in dem die Schülerinnen und Schüler nur wenig Möglichkeiten haben, so eigenständig und selbstverantwortlich zu arbeiten, wie es aus konstruktivistischer Sicht wünschenswert wäre. Zwar werden den Schülern im nennenswerten Maße Freiräume für eigenständiges Arbeiten eingeräumt (D-1), sie werden aber sehr viel seltener ermutigt, ihre eigenen Ideen zu überdenken und so gut wie gar nicht,

selbst-regulativ und reflektiert zu handeln. Nie beobachtet wurde, dass Lehrkräfte kritische Anmerkungen der Schüler berücksichtigten. Hanrahan (1998) hat geltend gemacht, dass dies auch nicht erwartet werden kann, wenn sie dazu nicht ausdrücklich ermutigt werden.

E. Wissenschaft, Wissenschaftler und wissenschaftliches Wissen

Hier geht es um die folgenden Unterkategorien (Tab. 2):

- E-1 Die Vorläufigkeit von Wissenschaft anerkennen.
- E-2 Unterschiede in Theorien anerkennen.
- E-3 Die Rolle von Beobachtungen, Evidenzen, Hypothesen, Theorien und Gesetzen in der Wissenschaft.
- E-4 Unterschiedliche Forschungsstrategien anerkennen.
- E-5 Die Grenzen wissenschaftlicher Erklärungen anerkennen.

Keine dieser Unterkategorien konnte beobachtet werden. Dafür gibt es eine Reihe von Gründen. Zunächst handelt es sich bei unseren Stunden um Anfangsunterricht in den Schuljahren 7 und 8. Einige Lehrkräfte weisen im Interview darauf hin, dass es für solche Aspekte noch zu früh sei. Allerdings zeigte sich in den Interviews auch, dass Lehrkräfte mit diesen Aspekten nicht gut vertraut sind (Müller, 2004). Da wir auch in den Videos der zweiten Phase (dem vorläufigen Eindruck nach) solche Aspekte kaum finden, deuten die Befunde

darauf hin, dass zumindest im Physikunterricht der Sekundarstufe I *über* die Physik und über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen nur wenig nachgedacht wird.

Unterschiede zwischen den beiden Themenbereichen Stromkreis und Kraft

Es ergeben sich keine gravierenden Unterschiede hinsichtlich von Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen bei der Einführung in den elektrischen Stromkreis und bei der Einführung in den Kraftbegriff (Abb. 7). Bei der Einführung des Stromkreises werden allerdings deutlich häufiger Schülerversuche (C-3b) eingesetzt (vgl. Tesch & Duit, 2004). Damit sind auch mehr Freiräume für eigenständiges Lernen geschaffen (D-1). Weiterhin werden bei der Einführung in den Stromkreis deutlich häufiger Alltagsgeräte als bei der Einführung des Kraftbegriffs verwendet (B-4).

Unterschiede zwischen den Lehrkräften

Es gibt große Unterschiede zwischen den 13 Lehrkräften. So beschränken sich einige Lehrkräfte völlig auf Demonstrationsexperimente, während es bei anderen ein eher ausgeglichenes Verhältnis von Schüler- und Lehreraktivitäten gibt (Seidel et al., 2002; Tesch & Duit, 2004). In Abb. 8 stellen wir die Ergebnisse hinsichtlich der Kategorien von KONU für zwei Lehrkräfte dar.

Die größten Unterschiede zwischen den beiden Lehrkräften finden sich bei den Stunden

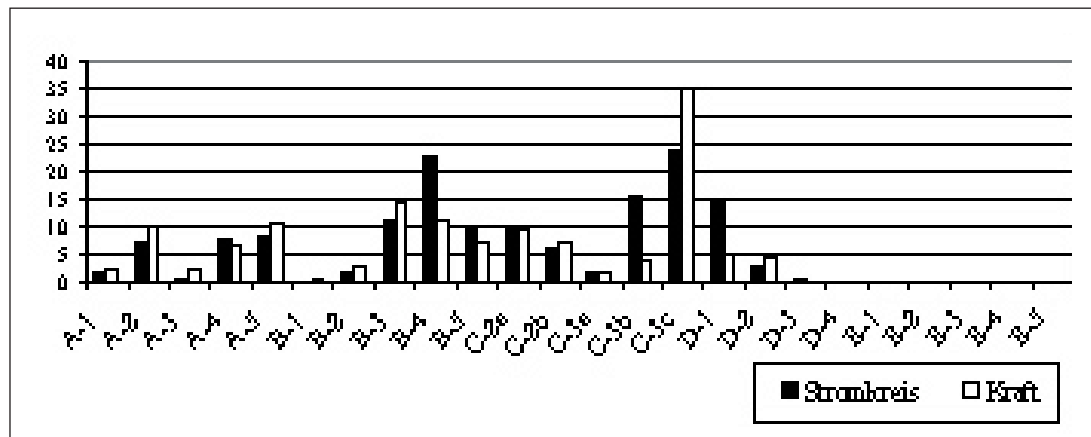


Abb. 7: Ergebnisse zu den Kategorien A bis E für die beiden Themenbereiche

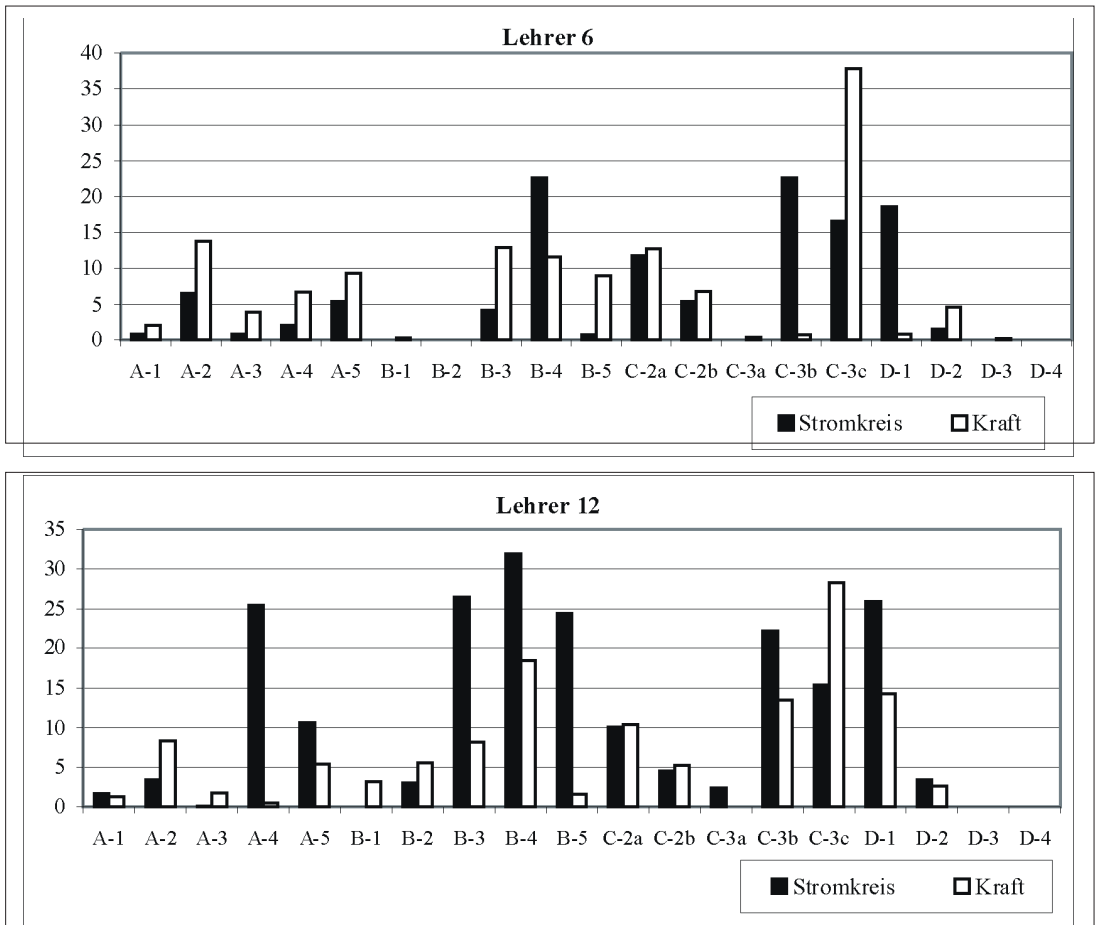


Abb. 8: Ergebnisse zu den Kategorien A bis E für Lehrer 6 und 12

zur Einführung in den Kraftbegriff. Hier ist „Zum Denken herausfordernde Probleme anbieten“ (A-4) die Domäne von Lehrer 12, auch findet man bei ihm eine sehr starke Orientierung am Alltag (B-3 und B-4) sowie viele Anwendungen des Gelernten. Beim Kraftbegriff gibt es vor allem zwei Unterschiede. Lehrer 12 führt auch dort Schülerexperimente durch, Lehrer 6 so gut wie nicht. Damit zusammenhängend sind die Unterschiede hinsichtlich der Freiräume für selbständiges Denken (D-1) beträchtlich.

5.2 Zum Zusammenhang von Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen und der Entwicklung von Leistung und Interesse

Fragebögen, die vor und nach dem Unterricht eingesetzt worden sind (Abb. 1), erlauben, die Entwicklung von affektiven und kognitiven Variablen der Schülerinnen und Schüler im Schuljahr der Aufzeichnungen zu bestimmen. Wir beschränken uns im Folgenden auf die Entwicklung von Leistung und Interesse. Die Leistung bezieht sich dabei auf die beiden aufgezeichneten Themen. In Tab. 3 sind die Ergebnisse für die Klassen der 13 Lehrkräfte zu finden. Bei den Werten handelt es sich um Residuen. Sie geben an, ob sich die Leistung bzw. das Interesse im Laufe des Jahres mehr oder weniger als nach einer linearen

Lehrer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12
Leistung	.06	-.04	.02	.05	-.12	-.05	-.11	-.14	.03	.07	.04	.13	.00
Interesse	.17	.08	-.32	.07	.05	-.18	.09	.37	-.23	.04	.18	-.13	-.09

Tab. 3: Entwicklung der Leistung und des Interesses (Residuen; s. Prenzel et al., 2002)

Regression zu erwarten verändert hat. Dieses Maß ist insbesondere beim Leistungszuwachs angezeigt, weil der Test am Ende des Jahres eine Reihe von Aufgaben enthielt, die am Beginn des Schuljahres noch nicht gestellt werden konnten. Positive Werte des Residuum kennzeichnen Klassen, die oberhalb der Regressionsgerade, negative Werte Klassen, die unterhalb dieser Gerade liegen. In anderen Worten, je höher der Wert des Residuum desto „befriedigender“ ist die Entwicklung der Leistung bzw. des Interesses.

Es zeigt sich, dass sich die Lehrkräfte hinsichtlich der Entwicklung von Leistung und Interesse deutlich unterscheiden. Einen klaren Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Leistung und des Interesses gibt es allerdings nicht (Seidel et al. 2002; Prenzel et al. 2002). Vergleicht man beispielsweise die Residuen für die Lehrer 8 und 12, so hat die Klasse von Lehrer 8 die schlechteste Entwicklung der Leistung, aber die beste Entwicklung des Interesses, während es beim Lehrer 12 die beste Entwicklung der Leistung, aber nur eine unbefriedigende Entwicklung des Interesses gibt (Aufschnaiter, 2003, versucht diese Unterschiede durch Tiefenanalysen der Unterrichtsstunden beider Lehrkräfte zum Kraftbegriff aufzuklären).

Die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen auf der einen und der Entwicklung von Leistung und Interesse auf der anderen Seite hat bei der kleinen Zahl von Klassen (Lehrern) keine signifikanten Ergebnisse gebracht. Lediglich für die folgenden Unterkategorien haben sich nennenswerte Korrelationen ergeben:

- A-4 (Zum Denken herausfordernde Probleme anbieten; $r = .55$)

- A-5/A-6 (Mit Schülervorstellungen evolutionär bzw. revolutionär umgehen; $r = .42$)

In einer Analyse der Sachstrukturen unserer Unterrichtsstunden (Müller & Duit, 2003, 2004a) hatte sich herausgestellt, dass es zwischen dem expliziten Anknüpfen an Alltagsvorstellungen und der Entwicklung der Leistung einen signifikanten Zusammenhang gibt. Die Ergebnisse deuten deshalb darauf hin, dass dieser zentrale Aspekt konstruktivistischer Lernumgebungen tatsächlich mit einem besseren Lernen verbunden ist. Selbstverständlich müssen diese Ergebnisse an der größeren Stichprobe der zweiten Phase überprüft werden. Interessant ist, dass das Erkunden des Vorwissens (A-2) deutlich negativ mit der Entwicklung der Leistung korreliert ($r = -.38$). Dies ließe sich mit der oben beschriebenen wenig tiefgehenden Art der Erkundung des Vorwissens erklären.

6 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Es werden hier Ergebnisse aus der ersten Phase der Videostudie Physik des IPN vorgestellt. Die erste Phase dieser Studie diente der Erprobung von Untersuchungsinstrumenten zur Analyse der aufgezeichneten Unterrichtsstunden und der Entwicklung erster Hypothesen zu vorherrschenden Mustern des Physikunterrichts und ihres Zusammenhangs mit der Entwicklung kognitiver und affektiver Variablen der Schülerinnen und Schüler. Das hier vorgestellte Kodiersystem KONU (Konstruktivistisch Orientierter Naturwissenschaftlicher Unterricht) hat sich als reliables Instrument erwiesen, das es erlaubt, wichtige Kennzeichen des Unterrichts zu untersuchen. Die wichtigsten Ergebnisse der hier vorgestellten Untersuchung sind deskriptiver Natur; sie betreffen die Frage, wie häufig Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen in den

aufgezeichneten Unterrichtsstunden zur Physik im 7. und 8. Schuljahr beobachtet werden können. Das Kategoriensystem KONU dient dabei als Referenz zur Analyse. Die Ergebnisse gelten selbstverständlich zunächst nur für die relativ kleine, nicht repräsentative Stichprobe der ersten Phase der Videostudie. Die aufgedeckten Muster müssen in der zweiten Phase überprüft werden.

Signifikante Zusammenhänge zwischen bestimmten Mustern und der Entwicklung von Leistung und Interesse der Schülerinnen und Schüler während des Schuljahres, in dem der Unterricht aufgezeichnet worden ist, konnten bei der kleinen Stichprobe nicht gefunden werden. „Nennenswerte“ Korrelationen allerdings ergaben für zwei Kennzeichen Hinweise, dass herausfordernde Probleme anbieten und an Schülervorstellungen anknüpfen mit besseren Lernergebnissen verbunden ist.

Was die deskriptiven Ergebnisse angeht, so lassen sich die Ergebnisse kurz so zusammenfassen, dass zentrale Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen nur im eingeschränkten Umfang beobachtet werden können. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass es keine „Referenzmaße“ gibt, wie häufig die vom Kategoriensystem KONU erfassten Kennzeichen in „konstruktivistisch orientierten Lernumgebungen“ zu beobachten sein sollten. Im Folgenden diskutieren wir die Ergebnisse in den fünf Hauptkategorien und vergleichen sie mit den Befunden anderer Untersuchungen.

A. Konstruktion des Wissens ermöglichen

Zunächst wird den Schülern recht selten der Status des zu Lernenden explizit klar gemacht. Der so wichtigen Verbindung des neu zu Lernenden mit dem bereits vorhandenen Wissen wird in der Regel wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Zu einem entsprechenden Befund kommt Labudde (2000). Erkunden des Vorwissens wird zwar in der Regel recht große Aufmerksamkeit gegeben, allerdings wird nur im eingeschränkten Maße an dieser Erkundung tatsächlich angeknüpft, wenn die physikalische Sicht entwickelt wird. Dies mag damit zusammenhängen, dass den meisten Lehrern die Rolle des Vorwissens als Interpretations-

schemata, die bestimmen, wie die Schüler alles im Unterricht Präsentierte verstehen, nicht bewusst ist (wie die Lehrerinterviews gezeigt haben; Müller, 2004). Denkweisen der Schüler werden sehr selten erkundet. Auch dies kann damit zu tun haben, dass die Lehrkräfte sie nicht als relevant für das Erlernen der physikalischen Begriffe ansehen. Zum Denken herausfordernde Probleme anbieten kommt zwar selten vor (vgl. Labudde, 2000), die Leistungsentwicklung ist aber bei den Lehrkräften, die häufiger als andere solche Probleme anbieten, deutlich besser. Aus Sicht konstruktivistisch orientierter Lernumgebungen ist es „erfreulich“, dass relativ viel Zeit aufgewendet wird, um an Schülervorstellungen anzuknüpfen. Es gibt auch Hinweise, dass – im Einklang mit der Literatur zu konstruktivistischen Lernumgebungen – die Leistungsentwicklung für solche Klassen besser ist, in der dieses Anknüpfen mehr Zeit als in anderen Klassen einnimmt. Allerdings muss erwähnt werden, dass die Art des Anknüpfens und der Entwicklung der physikalischen Sicht nur im eingeschränkten Maße den diesbezüglichen Ideen in der Literatur zu conceptual change entspricht (vgl. Labudde, 2000; Tenenbaum et al., 2001). Angesichts der bereits genannten eingeschränkten Sicht unserer Lehrkräfte auf die Rolle des Vorwissens ist dies zu erklären. In einer weiteren Teilstudie, über die wir an anderer Stelle in der Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften berichten (Widodo & Duit, 2005) hat sich z.B. herausgestellt, dass nur ein Teil des Unterrichts Sequenzen von „constructivist oriented teaching sequences“ (Driver, 1989) zugeordnet werden konnte.

B. Relevanz und Bedeutung der Lernerfahrungen

Erkundung der Lernbedürfnisse und -interessen sowie bewusstes Anknüpfen an diese Aspekte kommt in unserem aufgezeichneten Unterricht sehr selten vor. Dieses Defizit scheint aber nicht auf unsere Stichprobe beschränkt zu sein, sondern wird auch in anderen Studien berichtet (Tenenbaum et al., 2001). Allerdings werden durch Berücksichtigung von Vorgängen, Phänomen und Beispielen aus dem Alltag,

durch die Verwendung von Alltagsgeräten und die Diskussion von Anwendungsbeispielen aus dem Alltag durchaus Lerngelegenheiten geschaffen, die mit konstruktivistischen Sichtweisen in Übereinstimmung stehen. Die große Bedeutung der Einbettung des Unterrichts in Kontexte der Lebenswelt wird auch in vielen anderen Studien (Aldridge et al., 2000; Labudde, 2000; Yager, 1997) berichtet. Es scheint also, dass die in den Didaktiken für diese Altersstufe üblicherweise vertretene Maxime *„Vom Alltag ausgehend, den Alltag verstehen“* nicht nur im von uns aufgezeichneten Unterricht in aller Regel berücksichtigt wird. Alltägliche Phänomene spielen generell eine besondere Rolle. Ein Lehrer unserer Studie drückt dies im Interview wie folgt aus: *„Vom Erleben zur Abstraktion. Von der Abstraktion wieder zurück zu den Phänomenen. Neue Phänomene entdecken, die daran anknüpfen, wieder zurück zu den Phänomenen. Dies ist das Rad, das ein Leben lang für den Physiklehrer läuft“*.

C. Soziale Interaktionen

Die Ergebnisse zeigen, dass der Unterricht in unseren Klassen sehr lehrerzentriert ist. Schülerinnen und Schüler haben in recht eingeschränktem Maße Gelegenheit, Ideen mit anderen zu diskutieren und zu teilen, weder mit Mitschülern noch mit dem Lehrer (vgl. Labudde, 2000). Ergebnisse der Videostudie, über die hier nicht weiter berichtet werden kann, weisen aber darauf hin, dass die Sozialform allein kein Prädiktor für die Entwicklung der Leistung ist. Sie ist für Klassen, in denen es viele Schüleraktivitäten gibt und Klassen, in denen dies nicht im gleichen Ausmaß der Fall ist, nicht signifikant unterschiedlich (Seidel et al., 2002). In den Untersuchungen zur Rolle des Experiments im Unterricht (Tesch, 2001; Tesch & Duit, 2004) ergibt sich ein entsprechender Befund – in bester Übereinstimmung mit der Literatur zur Rolle des Experiments (Harlen, 1999). Es kommt offenbar darauf an, welche der für das Lernen aus konstruktivistischer Sicht so wichtigen Interaktionen im Unterricht, sei es im Klassengespräch oder in Schülerarbeitsphasen, tatsächlich ermöglicht werden.

D. Unterstützung der Schüler beim eigenständigen Lernen

Es scheint, dass den Schülerinnen und Schülern in unserer Untersuchung zwar bestimmte Freiräume für eigenständiges Lernen bereitgestellt werden, dass aber die explizite Unterstützung und Ermutigung zu kurz kommen. Dieses Defizit wird auch in anderen Studien berichtet (Aldridge et al., 2000; Labudde, 2000; Yager, 1997). Es wird dort festgestellt, dass den Schülern nur wenig Gelegenheiten gegeben werden, ihr eigenes Lernen zu organisieren und zu kontrollieren.

E. Wissenschaft, Wissenschaftler und wissenschaftliches Wissen

Aspekte, die mit dieser Hauptkategorie erfasst werden, beziehen sich auf Denk- und Arbeitsweisen der Physik und Sichtweisen über die Natur der Wissenschaft Physik. Sie können im aufgezeichneten Unterricht nicht beobachtet werden. Andere Untersuchungen kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Studien, die auf Einschätzung von Schülern in Fragebögen beruhen (Aldridge, et al., 2000; Yager, 1997) haben ergeben, dass der Gesichtspunkt der Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens (tentativity) relativ häufig genannt wird. Studien, in denen Lehrkräfte ihren Unterricht einschätzen, kommen zum Schluss, dass dieser Gesichtspunkt im Unterricht nicht ausreichend betont wird. Merzyn (1994) hat berichtet, dass Lehrkräfte dem Lernen über Physik und dem Kennenlernen physikalischer Denk- und Arbeitsweisen in einem Fragebogen große Bedeutung zubilligen. Dies dürfte nicht im Widerspruch zum Befund stehen, dass diesbezügliche Unterrichtsaktivitäten in unserer Untersuchung nicht beobachtet werden konnten. In Interviews hat sich herausgestellt, dass die meisten Lehrkräfte mit Denk- und Arbeitsweisen und Sichtweisen über die Physik im Detail nicht vertraut sind (Müller, 2004). Hinzu kommt, dass etwas für wichtig zu halten nicht notwendig bedeuten muss, dies auch im Unterricht zu tun. Wir haben im Rahmen der Videostudie Physik z.B. einen ähnlichen Befund hinsichtlich der Rolle von Schülerexperimenten. In den Interviews wird die Bedeutung dieser

Experimente von allen Lehrkräften ausdrücklich betont – im Unterricht aber verzichten einige Lehrkräfte völlig auf diese Experimente (Müller & Duit, 2004b).

Fazit

In der Videostudie Physik des IPN haben sich die folgenden zwei „Grundorientierungen“ des Unterrichts ergeben (Seidel et al., 2002):

- (1) An der Physik orientiert; Schwerpunkt sind physikalische Begriffe; Lernen wird als Transmission gesehen.
- (2) Schwerpunkt ist das Lernen der Schüler, insbesondere Bedingungen, die nötig sind, das Lernen zu unterstützen; Lernen wird als Konstruktion der Schüler gesehen.

Die vorliegenden Ergebnisse haben gezeigt, dass die erstgenannte Orientierung vorherrscht – im beobachteten Unterrichtsverhalten (Seidel et al., 2002; Prenzel et al., 2002) und in den subjektiven Theorien der Lehrkräfte über den Unterricht (Müller, 2004).

In der hier vorgestellten Studie hat sich herausgestellt, dass das Unterrichtsverhalten nur im eingeschränkten Maße durch Kennzeichen konstruktivistisch orientierten Unterrichts bestimmt ist. In den Interviews mit den Lehrkräften wird deutlich, dass sie einerseits in der Regel über aktuelle (konstruktivistische) Sichtweisen zum Lehren und Lernen nicht informiert sind und dass andererseits die oben unter (1) skizzierte fachliche Orientierung ihr Denken über Unterricht dominiert. Aus Sicht des verwendeten Kodiersystems KONU (Konstruktivistisch orientierter naturwissenschaftlicher Unterricht) sind die folgenden Defizite offenbar geworden:

- Die systematische Verbindung des neu zu Lernenden mit dem bereits Gelernten ist in der Regel unzureichend. Meist werden die Schülerinnen und Schüler nicht darüber informiert, warum es für sie wichtig ist, das Neue zu lernen und wie es auf bereits Bekanntem aufbaut.
- Die Erkundung und Berücksichtigung der vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler sind unzureichend aufeinander abgestimmt. Effektive Strategie-

gien zum Konzeptwechsel werden selten genutzt. Offenbar hängt dieses Defizit damit zusammen, dass die meisten Lehrkräfte ein unzureichendes Bild von der Rolle des Vorwissens im Lernprozess haben.

- Die Bedeutung der Interessen, Einstellungen und Gefühle (kurz: affektiver Aspekte) im Lernprozess wird nicht ausreichend in Betracht gezogen.
- Es gibt nur wenige Bemühungen, die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zum eigenständigen und selbstregulativem Lernen zu entwickeln. Auch dieses Defizit dürfte mit der dominierenden instruktionalen Orientierung der Lehrkräfte zu tun haben.
- Zu den Inhalten des Physikunterrichts zählen so gut wie ausschließlich physikalische Begriffe und ihre Anwendungen. Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und Sichtweisen zur Natur der Naturwissenschaften kommen so gut wie nicht vor.

Diese Defizite werden ebenfalls in Studien, die an Ergebnissen der internationalen Vergleichsstudien anknüpfen, herausgearbeitet (Baumert, Lehmann & Lehrke, 1997; Baumert, Bos & Lehmann, 2000; Prenzel et al., 2001). Im BLK Modellversuchsprogramm SINUS wird versucht, ihnen zu begegnen (Prenzel et al., 2003).

In Kürze: Das verwendete Kodiersystem KONU hat sich als reliables und valides Instrument erwiesen, zentrale Kennzeichen der Praxis des Physikunterrichts herauszuarbeiten. Die mit diesem Instrument erzielten Ergebnisse tragen dazu bei, die gängige Praxis so zu kennzeichnen, dass in anschließenden Projekten effektive Lernumgebungen gestaltet und evaluiert sowie Ansätze zur Lehrerbildung entwickelt werden können, mit denen es gelingen kann, die Praxis zu verändern. Allerdings ist es nötig, die an der kleinen Stichprobe erhaltenen vorläufigen Ergebnisse an der größeren Stichprobe der zweiten Phase der Videostudie Physik des IPN zu überprüfen. Das gilt sowohl für die deskriptiven Befunde wie für die Ergebnisse zum Zusammenhang von bestimmten unterrichtlichen Mustern und der Entwicklung

kognitiver und affektiver Variablen der Schülerinnen und Schüler.

Dank

Die hier vorgestellte Studie wurde vom DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst) durch ein Stipendium an Ari Widodo (2001 bis 2004) unterstützt. Die Videostudie des IPN wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Bildungsqualität von Schule“ (<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/biqua/biqua.htm>) gefördert. Wir möchten weiterhin die vielen fruchtbaren Beiträge der gesamten Projektgruppe Videostudie Physik zum Gelingen der hier vorgelegten Studie hervorheben. Insbesondere danken wir Tina Seidel für ihre langjährige Begleitung der Arbeit und Rolf Rimmele für sein famoses Videoanalyseprogramm. Peter Labudde (Universität Bern), Russell Tytler (Deakin University, Melbourne) und Peter Taylor (Science and Mathematics Education Centre; Curtin University of Technology, Perth) haben wertvolle Hinweise zur Verbesserung einer ersten Version des Kodiersystems KONU gegeben. James Gallagher hat uns das STAM (Secondary Teacher Analysis Matrix) Instrument zur Verfügung gestellt, Robert Yager die Arbeitspapiere zum SALISH Projekt.

Literatur

- Aldridge, J. M., Fraser, B. J., Taylor, P. C., & Chen, C. (2000). Constructivist learning environments in a cross-national study in Taiwan and Australia. *International Journal of Science Educational*, 22(1), 37-55.
- Anderson, R. D., & Helms, J. V. (2001). The ideal standards and reality of school: Needed research. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 3-16.
- Aufschnaiter, C. v. (2003). Prozessbasierte Detailanalysen der Bildungsqualität von Physikunterricht: Eine explorative Studie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 105-124.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M. et al. (1997). TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske & Budrich.
- Baumert, J., Bos, W. & Lehmann, R., Hrsg. (2000). TIMSS/III. Band 1: Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit. Band 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe. Opladen: Leske & Budrich.
- Bybee, R. (1997). *Achieving Scientific Literacy: from purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann Publishing.
- Beeth, M., Duit, R., Prenzel, M., Ostermeier, Ch., Tytler, R. & Wickman, P.O. (2003). Quality development projects in science education. In D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselves, E. Hatzikraniotis, G. Fassouloupoulos, & M. Kallery, Eds., *Science Education research in the knowledge based society* (pp. 447-457). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1990). Anchored instruction and its relationship to situated cognition. *Educational Researcher*, 19(3), 2-10.
- Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Eds.), *Knowing, learning, and instruction* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 582-601.
- Diesterweg, F. A. W. (1835/1850). *Wegweiser zur Bildung für Deutsche Lehrer*. Essen: Bädecker.
- Ditton, H. (2002). Unterrichtsqualität – Konzeptionen, methodische Überlegungen und Perspektiven. *Unterrichtswissenschaft*, 30, 197- 212.
- Driver, R. (1989). Changing conceptions. In P. Adey, J. Bliss, J. Head & M. Shayer (Eds.), *Adolescent Development and School Science* (pp. 79-104). London: Falmer Press.
- Duit, R. (2004). Bibliography STCSE – Students' and teachers' conceptions and science education. Kiel: IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>).
- Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in science education. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 263-282). Amsterdam: Pergamon.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (1998). Learning in science - From behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 3-26). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual change – A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.
- Duit, R., Müller, C. T., Tesch, M. & Widodo, A. (2004, April). A video study on the practice of German physics instruction. In D. Zandvliet (Ed.), *NARST Conference 2004, Conference Proceedings*. Vancouver: NARST – National Association for Research in Science Teaching (CD Rom).
- Gallagher, J., & Parker, J. (1995). *Secondary Teacher Analyses Matrix - Science Version*, Occasional Paper, Michigan State University.
- Gerstenmaier, J., & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 867-888.
- Glaserfeld, E. v. (1993). Questions and answers about radical constructivism. In K. Tobin (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education* (pp. 23-38). Washington: AAAS Press.
- Good, R. G., Wandersee, J. H., & Julien, J. S. (1993). Cautionary notes on the appeal of the new "ism" (constructivism) in science education. In K. Tobin (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education* (pp. 71-87). Washington: AAAS Press.
- Greeno, J. G., Collins, A. M., & Resnick, L.B. (1997). Cognition and learning. In D.C. Berliner & R.C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 15-46). New York: Simon & Schuster Macmillan.
- Gruber, H. & Renkl, A. (2000). Die Kluft zwischen Wissen und Handeln: Das Problem des trägen Wissens. In G.H. Neuweg (Hrsg.), *Wissen - Können - Reflexion. Ausgewählte Verhältnisbestimmungen* (pp. 155-174). Innsbruck: StudienVerlag.
- Gunstone, R. F. (1994). The importance of specific science content in the enhancement of metacognition. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone & R. T. White (Eds.), *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning* (pp. 131-146). London: The Falmer Press.
- Guzetti, B. J., Snyder, T. E., Glass, G. V. & Gamas, W. S. (1993). Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28, 116-159.
- Hanrahan, M. (1998). The effect of learning environment factors on students' motivation and learning. *International Journal of Science Education*, 20, 737-753.
- Harlen, W. (1999). *Effective teaching of science*. Edinburgh: The Scottish Council for Research in Education (SCRE).
- Hewson, P. W., Tabachnick, B. R., Zeichner, K. M., & Lemberger, J. (1999). Educating prospective teachers of biology: Findings, limitations, and recommendations. *Science Education*, 83, 373-384.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 7-23.
- Jonassen, D. H., Peck, K. L., & Wilson, B. G. (1999).

- Learning with technology: A constructivist perspective. New Jersey: Prentice-Hall.
- Jung, W. (1997). Konstruktivismus, Physikalismus und Phänomenologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2, Heft 3, 3-14.
- Jung, W. (1993). Uses of cognitive science to science education. *Science & Education*, 2, 31-56.
- Labudde, P. (2000). Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II. Bern: Paul Haupt Verlag.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). Situated learning. Legitimate peripheral participation. Cambridge, NY: Cambridge University Press.
- Lave, J. (1991). Situating learning in communities of practice. In L. B. Resnick, J. M. Levine & S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition* (pp. 63-82). Washington, DC: American Psychological Association.
- Matthews, M. R. (2000). Appraising constructivism in science and mathematics. In D. C. Phillips (Ed.), *Constructivism in Education* (pp. 161-192). Chicago: The National Society for the Study of Education.
- McComas, W. F. (1998). The Nature of Science in Science Education. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards document. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 41-52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Merzyn, G. (1994). *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht*. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Müller, C. T. (2004). Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht. *Studien zum Physikunterricht*, Band 33. Berlin: Logos.
- Müller, C. T. & Duit (2004a). Die unterrichtliche Sachstruktur als Indikator für Lernerfolg – Analyse von Sachstrukturdiagrammen und ihr Bezug zu Leistungsergebnissen im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 162-180.
- Müller, C. & Duit, R. (2004b). Funktionen des Experiments: Vorstellungen von Lehrern und Unterrichtsrealität. In Pitton, A. (Hrsg.), *Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Band 24 (pp. 33-35). Münster: LIT Verlag.
- Müller, C. T. & Duit, R. (2003). Rekonstruktion der Sachstruktur von video-dokumentiertem Physikunterricht. In E. J. Brunner, P. Noack, G. Scholz & I. Scholl (Hrsg.), *Diagnose und Intervention in schulischen Handlungsfeldern* (pp. 195-203). Münster: Waxmann.
- OECD - Organization for Economic Cooperation and Development (1999). *Measuring student knowledge and skills — A new framework for assessment*. Paris: OECD Publications.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What «ideas-about-science» should be taught in school science? *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692-720.
- Phillips, D. C. (Ed.). (2000). *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-199.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Prenzel, M. (2003). Unterrichtsentwicklung auf der Grundlage empirisch fundierter Diagnosen und Interventionsprojekte. In E. J. Brunner, P. Noack, G. Scholz & I. Scholl (Hrsg.), *Diagnose und Intervention in schulischen Handlungsfeldern* (pp. 29-46). Münster: Waxmann.
- Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Lehrke, M., & Seidel, T. (2001). Erhebungs- und Auswertungsverfahren des DFG-Projekts „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – eine Videostudie.“ Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P. & Klopp, A. (2001). *Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse*. In J. Baumert et al. (Hrsg.), *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich* (pp. 192-250). Opfaden: Leske + Budrich.

- Prenzel, M., Seidel, T., Lehrke, M., Rimmele, R., Duit, R., Euler, M., et al. (2002). Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht - eine Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45, 139-156.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (pp. 601-646). Weinheim: Beltz PVU.
- Rimmele, R. (2002). Videograph. Multimedia-Player zur Kodierung von Videos. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/videograph/htmStart.htm>.
- Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Lehrke, M., Müller, C. T. & Rimmele, R. (2002). „Jetzt bitte alle nach vorne schauen!“ – Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. *Unterrichtswissenschaft*, 30(1), 52-77.
- Seidel, T., Dalehefte, I. M., & Meyer, L. (2001). Richtlinien für Videoaufzeichnungen. In M. Prenzel, R. Duit, M. Euler, M. Lehrke & T. Seidel (Hrsg.), *Erhebungs- und Auswertungsverfahren des DFG-Projekts „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht - eine Videostudie“* (pp. 5-26). Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften..
- Spiro, R., Feltovich, P. J., Jacobson, M. J. & Coulson, R. L. (1992). Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext. In T. M. Duffy & D. H. Jonassen (Eds.), *Constructivism and the technology of instruction* (pp. 57- 75). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Staub, F. C. & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94, 344-355.
- Steffe, L. P. & Gale, J. (1995). *Constructivism in education*. Hillsdale: Erlbaum.
- Suchting, W. A. (1998). Constructivism deconstructed. In M. R. Matthews (Ed.), *Constructivism in Science Education* (pp. 61-92). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Taylor, P. C., & Fraser, B. J. (1991, April). CLES: An instrument for assessing constructivist learning environments. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Wisconsin.
- Taylor, P. C., Fraser, B. J., & Fisher, D. L. (1997). Monitoring constructivist classroom learning environments. *International Journal of Educational Research*, 27, 293-302.
- Tenenbaum, G., Naidu, S., Jegede, O., & Austin, J. (2001). Constructivist pedagogy in conventional on campus and distance learning practice: An exploratory investigation. *Learning and Instruction*, 11, 87-111.
- Terhart, E. (2003). Constructivism and teaching: A new paradigm in general didactics? *Journal of Curriculum Studies*, 35, 25-44.
- Tesch, M. (2001). Zur Rolle des Experiments im Physikunterricht - Aus Sicht der Literatur und der Analyse von videografiertem Unterricht. Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften..
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51-59.
- Tobin, K. (Ed.) (1993). *The practice of constructivism in science education*. Washington: AAAS Press.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademitrou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan.
- Watts, M. (1994). Constructivism, re-constructivism and task oriented problem-solving. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone & R. T. White (Eds.), *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning*. London: The Falmer Press.
- White, R. (1997). Trends in research in science education. *Research in Science Education*, 27, 215-222.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. London: The Falmer Press.
- Widodo, A. (2004). Constructivist oriented science

classrooms: the learning environment and the teaching and learning process. Frankfurt a.M.: Peter Lang.

- Widodo, A. & Duit, R. (2005). Konstruktivistische Lehr-Lern-Sequenzen und die Praxis des Physikunterrichts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 11 (in Vorbereitung).
- Wiesner, H. (1995). Physikunterricht – an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert. Unterrichtswissenschaften, 23, 127-145.
- Windschitl, M. (2002). Framing constructivism in practice as the negotiation of dilemmas: An analysis of the conceptual, pedagogical, cultural, and political challenges facing teachers. Review of Educational Research, 72, 131-175.
- Yager, R. E. (1997). Secondary science and mathematics teachers preparation programs: Influences on new teachers and their students. The final report of the Salish I research project. Iowa: The University of IOWA.

Dr. Ari Widodo ist Dozent für Didaktik der Naturwissenschaften an der Indonesischen Universität für Lehrerbildung in Bandung.

Dr. Reinders Duit ist Professor für Didaktik der Physik am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel.

Dr. Ari Widodo
Jurusan Pendidikan Biologi
FPMIPA UPI
Jl. Dr. Setiabudhi 229
Bandung - Indonesia
40154
email: widodo@web.de

Prof. Dr. Reinders Duit
IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften
Olshausenstr. 62
24098 Kiel
email: duit@ipn.uni-kiel.de