pedocs
Open Access Erziehungswissenschaften

DIPF

Aufschnaiter, Claudia von

Prozessbasierte Detailanalysen der Bildungsqualität von Physik-Unterricht. Eine explorative Studie

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 9 (2003), S. 105-124

Quellenangabe/ Reference:
Aufschnaiter, Claudia von: Prozessbasierte Detailanalysen der Bildungsqualität von Physik-Unterricht. Eine explorative Studie - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 9 (2003), S. 105-124 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315668 - DOI: 10.25656/01:31566

https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315668
https://doi.org/10.25656/01:31566

in Kooperation mit / in cooperation with:

IPN
Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik

https://www.leibniz-ipn.de

Nutzungsbedingungen

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

Terms of use

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

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Claudia von Aufschnaiter

Prozessbasierte Detailanalysen der Bildungsqualität von Physik-Unterricht: Eine explorative Studie

Zusammenfassung:
Untersuchungen zur Bildungsqualität von Unterricht haben besonders seit dem eher durchschnittlichen Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler in internationalen Vergleichsstudien immer größeren Anteil an Studien zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Analysen von unterrichtlichen Prozessen können u.a. aufklären, wie gut die inhaltliche Passung des Lehrangebotes zu den situativen Fähigkeiten der Schüler ist. In der hier vorgestellten Studie werden auf der Basis bisheriger Befunde zur kognitiven Entwicklung von Lernenden inhaltsbezogene Aspekte abgeleitet, die als Indikatoren für die Passung des Lehrangebotes genutzt werden können. Diese Indikatoren wurden explorativ auf Videodaten zum Einführungsunterricht zweier Lehrer in den Kraftbegriff angewendet. Es wird gezeigt, dass in den beiden untersuchten Fällen die unterschiedlich guten Passungen zwischen Angebot und situativem Fähigkeitsniveau mittels inhalts- und abstraktionsbezogener sowie zeitlicher Analysen nachgezeichnet, untereinander verglichen und auf Ergebnisse von Leistungsmessungen bezogen werden können.

Summary
After German students' poor results on TIMSS and PISA empirical investigations about the quality of mathematical and science teaching have become more and more important in educational research. Investigating processes of teaching and learning, the analysis of the match between instruction and students' understanding becomes possible. For the study reported in this paper, previous research into students' development of physics knowledge was used to set up content specific criteria to investigate the match between demands of instruction and students' abilities. Using video-data on instruction of two teachers into the concept of force, it was analysed how dimensions of content, abstraction, and time could be used to describe the (mis-)match between teachers' instructional demands and students' situated understanding. Furthermore, the parameters were used to compare the different teachers' lessons and to relate processes to students' achievements.

1 Einleitung

Die zum Teil überraschenden Befunde von TIMSS und PISA (u.a. Baumert et al. 1997; Baumert et al. 2001) haben nicht nur in der pädagogischen und fachdidaktischen Lehr-Lernforschung, sondern auch in der Bevölkerung eine starke Sensibilisierung für die Bildungsqualität von Schule erreicht. Neben der gesellschaftlichen und schulsystemischen Einbettung von Unterricht wird zunehmend auch das Augenmerk auf die Details unterrichtlicher Bemühungen gelenkt (u.a. Weinert 1999; Klieme & Thußbas 2001; Seidel et al. 2002). Während es in Bereichen der Allgemeinen Didaktik, Pädagogik und z.T. auch Erziehungswissenschaft breite Forschungsfelder gibt, die sich mit Fragen der Schul- und Bildungsqualität befassen (s. u.a. Helmke, Hornstein & Terhart 2000; Renkl & Prenzel 2002; Einsiedler 2002), finden sich in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken verhältnismäßig wenige Arbeiten zu diesem Thema[1]. Dies ist um so verwunderlicher, als der Gegenstand

[1] Die Mehrzahl der Arbeiten aus der Fachdidaktik zu diesem Thema sind im Zusammenhang mit dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Schwerpunktprogramm „Bildungsqualität von Schule" entstanden (u.a. Prenzel & Doll 2002).

der Erforschung von Bildungsqualität häufig der gerade durch TIMSS und PISA in die Kritik geratene mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht ist. Zudem wird auch von Seiten der pädagogisch orientierten Disziplinen verstärkt gefordert, fachdidaktische Perspektiven in die Unterrichtsforschung zu integrieren (u.a. Helmke 2002, 265 f.).

Bei einem Vergleich der bisher zur Analyse von Bildungsqualität durchgeführten Studien lässt sich feststellen, dass die Verortung des je angesetzten Qualitätsbegriffes deutlich unterschiedlich ist (u.a. Ditton 2002). Im Rahmen der heterogenen Verwendung des Qualitätsbegriffes soll hier zunächst eine eher pragmatische Beziehung hergestellt werden, die sich vor allem auf den Aspekt der Passung zum Lerner bezieht (u.a. Harvey & Green 2000; Fend 2000):

Bildungsqualität macht eine Aussage darüber, wie gut Bildungsangebote zur Entwicklung von (je individueller) Bildung beitragen.

In einer solchen Sichtweise ist die Bildungsqualität von unterrichtlichen Angeboten besonders hoch wenn

a) die Bildungsangebote zur intensiven Auseinandersetzung der Lernenden mit den Bildungsinhalten führen und
b) sich die jeweils individuellen Fähigkeiten der Lernenden dadurch weiter entwickeln.

In Hinblick auf die hier aufgeführten Aspekte muss sich Forschung auf die Verbindung von Lehren und Lernen konzentrieren. Im Rahmen der empirischen Lehr-Lernforschung haben sich dabei zwei Richtungen herauskristallisiert, die als produkt- bzw. prozessorientiert bezeichnet werden können. Die derzeitige naturwissenschaftsbezogene Lehr-Lernforschung, häufig paradigmatisch durch konstruktivistische Annahmen sowie durch Ansätze des Conceptual-Change bestimmt (u.a. Duit & Treagust 1998), bezieht in ihre Analysen überwiegend nicht die Lernprozesse selbst sondern Produkte dieser Prozesse ein. In Interviews und Tests werden die Erfolge unterrichtlicher Bemühungen (in Hinblick auf Veränderung von Konzeptualisierungen) bestimmt. Die Bildungsqualität von Lehrangeboten wird dann im Wesentlichen auf der Basis sich einstellender Erfolge eingeschätzt. Die prozessbasierte Unterrichtsforschung konzentriert sich z.Z. vor allem auf die Verbindung von Merkmalen der Unterrichtsorganisation und ihren Beziehungen zu kognitiven und affektiven Faktoren auf Seiten der Lernenden (u.a. Seidel et al. 2002). Es werden hier u.a. Unterrichtsmethoden unterschieden, die Nutzung von Unterrichtszeiten ermittelt, die Strukturierung des Stoffes nachvollzogen und Rückmeldungen der Lehrer dokumentiert. Trotz dieser zumindest teilweise an Schülerleistungen orientierten Beschreibungen von Bildungsqualität wird betont, dass unterrichtliche Bemühungen nicht das Erreichen einer (fest vorgegebenen) Zielmarke, sondern die optimale Passung des Lehrangebotes zu den situativen Fähigkeiten von Schülern in den Vordergrund stellen sollten (u.a. Fend 2000, 56 f.; Vygotsky 1978). Auch motivationstheoretische Ansätze betonen die Notwendigkeit einer optimalen Passung des Angebotes zu den Fähigkeiten der Lernenden: Nur im Falle einer solchen Passung können sich positive Erlebensqualitäten (u.a. Erleben von Kompetenz und Flow) einstellen. Dies ist wiederum notwendig, um langfristig Interessen am vorliegenden Gegenstand (der Physik) zu entwickeln (u.a. Csikszentmihalyi & Schiefele 1993; Lewalter, Wild, Krapp 2001).

Gerade diese wiederholt geforderte Passung zwischen Angebots und Fähigkeitsniveau zeigt jedoch das Dilemma prozessorientierter Forschung: Es müssen, theoriebasierte Kriterien zur Beschreibung situativer Fähigkeiten von Lernenden entwickelt und empirisch begründet werden, die wiederum auf die Lehrangebote bezogen werden können. Solche Kriterien müssen sich an der sich real einstellenden Entwicklung von Lernenden in Bezug auf ein Fach orientieren, damit sie zur Diagnose und Unterstützung der Lernentwicklung genutzt werden können. Für die Bestimmung von Bildungsqualität ist somit zunächst die Kenntnis von Lernentwicklungen in der Domäne, auf die sich die Bildungsqualität beziehen soll, von elementarer Bedeutung.

2 Prozessbasierte Analysen von Lehr-Lernsituationen

Am Institut für Didaktik der Physik der Universität Bremen wurden in den letzten 15 Jahren vor allem empirische Analysen der kognitiven Entwicklung von Lernenden unterschiedlichen Alters durchgeführt (für Literatur siehe http://didaktik.physik.uni-bremen.de/aufschnaiter). Es wurde damit zunächst vor allem empirisch untersucht und theoretisch modelliert, welche Lernentwicklung in der Physik „typisch" ist und mit welchen Parametern diese Entwicklung beschrieben werden kann. In allen Untersuchungen haben Probanden von Klasse 8 bis nach dem Diplom in Physik (insgesamt über 200 Personen) sowohl in Feld- als auch in Laborstudien in Kleingruppen selbstorganisiert physikalische (Experimentier-)Aufgaben primär aus den Bereichen der Elektrostatik und Elektrodynamik bearbeitet. Die dabei entstehenden Prozesse wurden immer mit Video aufgezeichnet, so dass die Details der Bearbeitung für iterative Auswertungen zugänglich wurden. Für die Analyse der Prozessaufzeichnung hat es sich als sehr wirkungsvoll erwiesen, zwischen den situativen Handlungs- und Denkprozessen der Probanden und der Veränderung dieser Prozesse in aufeinander folgenden, inhaltlich ähnlichen Situationen (z.B. Aufgaben, (Lehrer-)Erklärungen) zu unterscheiden. Unter der Annahme, dass (stabile) Verhaltensveränderungen ein Resultat von Lernen sind, kann nicht das situative Verhalten mit Lernen gleichgesetzt werden, sondern Lernen muss systematisch aus Modifikationen im Verhalten – bezogen auf inhaltlich ähnliche Anforderungen – rekonstruiert werden. Dazu sind Videoaufzeichnungen gut geeignet, in denen Lernende wiederholt mit ähnlichen Sachverhalten konfrontiert sind.

Zur Beschreibung der situativ ablaufenden Prozesse und ihrer Veränderung haben sich insbesondere vier Dimensionen in den letzten Jahren theoretisch und empirisch bewährt, die im Folgenden kurz vorgestellt werden (für Details s. u.a. C. v. Aufschnaiter & S. v. Aufschnaiter 2003; S. v. Aufschnaiter, C. v. Aufschnaiter & Schoster 2000; S. v. Aufschnaiter & Welzel 1997).

Inhaltliche Breite

Im Rahmen der Conceptual-Change-Forschung wird vor allem untersucht, ob die von den Lernenden entwickelten Inhalte die fachlichen Beschreibungen angemessen wiedergeben, oder diese als „falsch" eingestuft werden müssen. Das Ziel unterrichtlicher Bemühungen liegt in dieser Sichtweise besonders in der Vermittlung von fachlich „richtigen" Vorstellungen, die den Vorstellungen der Lerner häufig zu widersprechen scheinen. Die Bildungsqualität von Unterricht besteht dann unter anderem darin, dass Lehrer die zu vermittelnde Physik „richtig inszenieren", damit sie den Schülern keine fachlich unangemessenen Beschreibungen nahe legen. Neben der fachlichen Angemessenheit von Beschreibungen spielt jedoch auch die inhaltliche Verknüpfung von Sachverhalten eine zentrale Rolle. Es macht einen Unterschied, ob ein Schüler das Wort ‚Kraft' kennt oder aber in einer bestimmten Situation zuschreiben kann, dass sich eine Kugel bewegt, weil eine Kraft auf sie ausgeübt wurde. Kann er darüber hinaus auch noch angeben, dass in dieser Situation aufgrund von Reibung verschiedene Kräfte wirken, ist sein Verständnis differenzierter. Der Weg zu einer fachlich angemessenen Beschreibung ist somit u.a. dadurch gekennzeichnet, dass es Schülern zunehmend gelingt, mehrere Aspekte in den Blick zu nehmen und miteinander in angemessener Weise zu verbinden.

Abstraktionsniveau

In Anlehnung an Beschreibungen von Piaget (u.a. 1991) kann davon ausgegangen werden, dass sich kognitive Entwicklung in Stufen mit jeweils unterschiedlichem Abstraktionsniveau vollzieht. Im Rahmen von empirischen Untersuchungen an der Universität Bremen wurde ausgehend von Annahmen von Piaget und Powers (1973) ein Modell zur Komplexitätsentwicklung von Lernenden im Bereich Physik entwickelt und mehrfach empirisch geprüft (u.a. Fischer 1989; S. v. Aufschnaiter & Welzel 1997). Das Modell unterscheidet vier Bereiche, die individuellem Denken und damit verbundenen Handlungen je unterschiedliche Qualität zuschreiben. Im konkreten Bereich

befassen sich Lernende mit konkreten Situationen und Objekten (Ebenen der Objekte, Fokussierungen und Operationen). Im abstrakt-stabilen Bereich werden zu Situations- und Objektklassen generalisierende Eigenschaften entwickelt und diese verknüpft (Ebenen der Eigenschaften und Ereignisse). Im abstrakt-dynamischen sowie systemischen Bereich werden generalisierte Eigenschaften als sich verändernd konstruiert und paarweise miteinander verbunden (Ebenen der Programme und Prinzipien) sowie Zusammenhänge zwischen verschiedenen Verbindungen von mehr als zwei Variablen hergestellt (Ebenen der Beziehungen und Systeme). Im Physik-Unterricht der Sekundarstufe I sowie auch in weiten Teilen der Sekundarstufe II spielen vor allem die drei folgenden Niveaus eine zentrale Rolle:

Operation (konkreter Bereich): Schüler sprechen und handeln in Bezug auf ein ganz konkretes (gedanklich entwickeltes) Experiment, sie argumentieren auf der Basis ihrer bisherigen Erfahrungen oder sie lernen Fachbezeichnungen und Merksätze, die der Lehrer gerne hört und honoriert.

Eigenschaften (abstrakt-statischer Bereich): Lernende argumentieren auf der Basis von Generalisierungen (Konzepten), z.B. „Kraft tritt immer auf, wenn etwas in Bewegung gesetzt oder verformt wird."

Ereignisse (abstrakt-statischer Bereich): Zwei oder mehr verschiedene Generalisierungen werden miteinander kombiniert, also z.B. „Energie nimmt man mit der Nahrung zu sich und diese verwandelt sich in Kraft, wenn man etwas tut."

In Zuschreibungen dieser Niveaus wird bei der Analyse von Videodaten immer versucht, die Bedeutung des Sprechers zu rekonstruieren, also das Niveau zu ermitteln, auf dem ein Lernender sich einen Sachverhalt situativ vorstellt. Ähnliche Sätze können dann auf sehr verschiedenen Niveaus verordnet werden, je nachdem, welche Bedeutung jeweils von den Beteiligten im Zusammenhang mit den Sätzen entwickelt wurde. Zunächst eine untergeordnete Rolle spielt bei dieser Art der Zuschreibung, ob die von den Lernenden entwickelten Beschreibungen physikalisch „richtig" sind oder nicht. Es wird davon ausgegangen, dass das Erreichen eines höheren Niveaus an sich bereits als eigenständige kognitive Leistung festgestellt werden sollte, während die inhaltliche Angemessenheit in der Dimension der inhaltlichen Breite zu betrachten ist.

Ähnlich wie die hier vorgestellten Komplexitätsniveaus den Handlungen von Schülern zugeschrieben werden können, sind sie auch geeignet, um Angebote von Lehrern zu klassifizieren. Komplexitätsniveaus stellen damit neben der Dimension der inhaltlichen Breite einen weiteren Maßstab dar, mit dem Angebote und Fähigkeiten aufeinander bezogen werden können.

Zeitliche Strukturierung

Zwei Schüler, die eine inhaltlich vollständig identische Leistung erbringen, dafür aber deutlich unterschiedliche Zeiten benötigen, würden vermutlich auch als unterschiedlich kompetent eingeschätzt werden. Gerade in Situationen schriftlicher Befragungen oder mündlicher Prüfungen mit zeitlichen Limitierungen ist nicht nur die Fähigkeit, bestimmte Inhalte auf einem bestimmten Abstraktionsniveau zu entwickeln, sondern dieses auch in einer angemessenen Zeit zu schaffen, relevant. Untersuchungen, wie sich die Schnelligkeit individuellen Handelns und Denkens mit zunehmender Vertrautheit der entsprechenden Inhalte entwickelt, sind bisher kaum Gegenstand fachdidaktischer Forschung. Sie stellen jedoch ein zentrales Element individueller Kompetenz dar.

Bei der Untersuchung von Prozessen muss zudem gefragt werden, in welchem Zeittakt sich das zu Untersuchende ändert. Wie schnell also verändern sich die Inhalte individueller Handlungs- und Denkprozesse? Wenn die gewählten Messzeitpunkte dieser Veränderung nicht gerecht werden, wird über verschiedene Prozesse gemittelt und es ist nicht mehr möglich, die Veränderungen und deren Ursachen nachzuvollziehen. In Anlehnung an Befunde und theoretische Modellierungen neurobio-

logischer Untersuchungen zu kognitiven Prozessen muss davon ausgegangen werden, dass das zusammenhängende Erleben einzelner Aspekte der Umwelt innerhalb von 3 Sekunden geschieht (u.a. Pöppel 1997; Damasio 1997; S. v. Aufschnaiter 2000). Dieses Zeitfenster nutzt das Gehirn für die Konstruktion einer zusammenhängenden Bedeutung oder eines Vorstellungsbildes in der Gegenwart, deshalb wird dieses Zeitfenster von Pöppel als „Gegenwartsfenster" bezeichnet. Jenseits von 3 Sekunden stellt das Gehirn Zusammenhänge als Entwicklung von mehreren aufeinander folgenden Bedeutungen oder Vorstellungsbildern her (Menschen erleben dabei häufig Kontinuität im Denken und Handeln). Wie viele solcher Bedeutungen oder Vorstellungsbilder Individuen nacheinander erzeugen müssen, um einen spezifischen Inhalt auf einem spezifischen Abstraktionsniveau konstruieren zu können, sollte somit einen zentralen Parameter fachdidaktischer Lehr-Lernforschung darstellen. Entwicklungen können darin bestehen, dass gleiche Inhalte mit gleichem Niveau immer schneller konstruiert werden können oder aber dass Lernende in gleichen Zeitfenstern höhere Niveaus und/oder eine größere inhaltliche Breite erreichen.

Kompetenzerleben

Neben einer Reihe von anderen affektiven Dimensionen spielt aus Sicht verschiedener theoretischer und empirischer Ansätze das Erleben von Kompetenz eine zentrale Rolle bei der Auseinandersetzung mit Lernumgebungen (u.a. Deci & Ryan 1993). Empirische Studien haben gezeigt, dass es eine Wechselbeziehung zwischen den entwickelten Interessen und dem wiederholten Erleben von Kompetenz in Lernsituationen zu geben scheint (u.a. Lewalter, Wild & Krapp 2001). Nur wenn Schüler also hinreichend oft Kompetenz erleben, ist davon auszugehen, dass sie langfristig stabile Interessen im entsprechenden Inhaltsbereich entwickeln. Bisherige empirische Untersuchungen im Bereich der in Bremen durchgeführten Prozessforschung legen nahe, dass sich das Erleben von Kompetenz in zwei Parametern äußert: Schüler erleben vor allem Spaß, wenn es ihnen gelingt, in zunehmendem Maße ihnen bereits bekannte Bedeutungen zu verbessern (Bildung von Routinen). Sie erleben einen Inhalt dagegen vor allem als interessant, wenn dieser für sie neu ist und ihnen auf einer Komplexitätsebene zugänglich wird, die sie zuvor bezogen auf diesen Inhalt noch nicht erreicht haben.

Im Hinblick auf die Betonung der situativen Passung von Anforderung und Fähigkeit zum Erleben von Kompetenz lassen sich die bisher dargestellten Dimensionen heranziehen. Nur wenn die inhaltliche Breite, das Abstraktionsniveau und die zeitliche Strukturierung zwischen Angebot und Fähigkeit ähnlich sind, lässt sich das Erleben von Kompetenz beobachten (u.a. C. v. Aufschnaiter 1999).

Befunde zu den Dimensionen

Die hier dargestellten Dimensionen stellen die sich im Rahmen bisherigen Untersuchungen theoretisch und empirisch bewährten Parameter zur Beschreibung von Lernprozessen dar. Sie beziehen auf der einen Seite typische Betrachtungsweisen der Fachdidaktik Physik bei der Erhebung von Vorstellungen mit ein. Auf der anderen Seite erweitern sie diese auf einen prozessbasierten Ansatz mit expliziter theoretischer und methodischer Fundierung. Mit Hilfe der soeben vorgestellten Dimensionen konnten eine Reihe von prozessbasierten Befunden interpretiert werden, die typische Entwicklungsverläufe sowie deren Bezug zu Anforderungen der Lernumgebung kennzeichnen:

- Inhaltliche Aspekte werden von den Lernenden zunächst sehr isoliert entdeckt und bearbeitet. Erst, wenn sie einzelne Aspekte für sich angemessen (schnell) entwickeln können, gelingt ihnen die Verknüpfung mit anderen Aspekten (u.a. C. v. Aufschnaiter & S. v. Aufschnaiter 2003).
- Schülern gelingt das Erreichen eines generalisierten Abstraktionsniveaus (mind. Eigenschaft) vor allem dann, wenn sie aus mehreren Beispielen die diesen Beispielen unterliegende Regelmäßigkeit zumindest intuitiv erfasst haben. Das

Erreichen von unterschiedlichen Abstraktionsniveaus ist somit primär von bisherigen Erfahrungen mit entsprechenden Inhalten und nicht vom Alter abhängig (u.a. C. v. Aufschnaiter & S. v. Aufschnaiter 2003).

- Kognitive Prozesse, die sich explizit auf Konzeptualisierungen beziehen, werden zunächst von den Schülern im Anschluss an eigenes oder selbst beobachtetes Handeln entwickelt. Schüler verstehen deshalb nur solche Erklärungen, die sich auf ihre eigenen, wiederholten und auf einer intuitiven Ebene bereits als regelhaft erlebten Erfahrungen beziehen. Inhaltlich „problematische" Erklärungen des Lehrers stellen somit vermutlich nicht das primäre Problem von nicht gelingendem Physik-Unterricht dar, weil Schüler die vom Lehrer abgegebenen Erklärungen oft nicht angemessen verstehen und damit auch nicht erleben, was daran „richtig" oder „falsch" ist (u.a. C. v. Aufschnaiter 2002a/b).
- Zeitfenster von 30 Sekunden und 5 Minuten stellen für kognitive Prozesse zentrale limitierende Randbedingungen dar. In Zeitfenstern von maximal 5 Minuten (meist jedoch deutlich darunter) bearbeiten Lernende thematisch zusammenhängende Inhalte, z.B. (Teil-)Aufgaben. Gelingt die Bearbeitung einer Aufgabe nicht innerhalb des Zeitfensters, so wenden sich Schüler von der Aufgabe ab (z.B. in dem sie über ihre Nachmittagsplanung reden). Das Hören von Lehrererklärungen oder das Verfolgen von Klassendiskursen stellen in diesem Sinne inhaltlich eingegrenzte Aufgaben dar. Im Zusammenhang mit der Bearbeitung solcher Aufgaben entwickeln Lernende einzelne Lösungswege in Form von inhaltlich zusammenhängenden Gedankengängen (eine Antwort auf eine Frage, eine Handlungsserie für ein Experiment, einen Ansatz zur Umformung einer Gleichung), die 30 Sekunden nicht überschreiten (u.a. S. v. Aufschnaiter 2000). Das Zeitfenster von 30 Sekunden bildet damit die Obergrenze der für Schüler herstellbaren inhaltlichen Bezüge zwischen aufeinander folgenden Bedeutungen (Vorstellungsbildern). Sie müssen deshalb einzelne Aspekte, deren Verknüpfung zunächst mehr Zeit als 30 Sekunden benötigen würde, wiederholt und zunehmend schneller denken, bevor sie diese aufeinander beziehen und dabei möglicherweise ein höheres Abstraktionsniveau erreichen können.
- Das Erleben von Kompetenz entwickelt sich im Zusammenhang mit der Bearbeitung von Aufgaben. Erweisen sich mehrere (5 bis 10) aufeinander folgende Lösungswege als nicht erfolgreich, erleben die Schüler Misserfolg und verlassen die Bearbeitung der Aufgabe. Gelingt es Schülern also nicht, Lehrangebote in für sie innerhalb von 5 Minuten erfolgreich bearbeitbare (Teil-)Aufgaben zu strukturieren, so erleben sie sich selbst als an der Aufgabe gescheitert (u.a. C. v. Aufschnaiter 1999).

Die Gestaltung von Unterricht sollte für eine optimale Passung entlang der hier aufgeführten Dimensionen erfolgen. Es müssten also zunächst Schülererfahrungen bezüglich der inhaltlichen Aspekte des zu unterrichtenden Themengebietes ermöglicht und daran anschließend konstitutive Verknüpfungen nahegelegt werden. Es müssten dazu im Rahmen von „intelligentem" Üben die Zeitfenster für die Entwicklung der einzelnen inhaltlichen Aspekte durch die Schüler so weit verkürzt werden, dass konstitutive Verknüpfungen von zwei oder mehr Aspekten innerhalb eines Gedankenganges von maximal 30 Sekunden Dauer gelingen können. Die für die Entwicklungen und Übungsphasen angebotenen Aufgaben sollten dabei immer so strukturiert sein, dass Schüler diese innerhalb von wenigen Minuten erfolgreich bearbeiten können. Für eine Beschreibung der Passung des Angebotes zu den Fähigkeiten der Schüler, und somit auch für eine qualitative Beschreibung der „Zone der nächsten Entwicklung" (u.a. Vygotsky 1978), können die hier vorgestellten Dimensionen genutzt werden.

3 Daten und Auswertung der Daten

Im Rahmen der am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) durchgeführten Videostudie zu Lehr-Lernprozessen im Physik-Unterricht wurden 13 Lehrerinnen und Lehrer im Umfang von jeweils drei Unterrichtsstunden bei der Einführung in die Elektrizitätslehre und den Kraftbegriff in Klasse 7 bzw. 8 videodokumentiert (s. u.a. Seidel et al. 2002)[2]. Mit einer beweglichen Kamera wurden die Aktivitäten der Lehrer verfolgt, eine weitere fixierte Kamera hat zudem eine Totale der jeweiligen Klasse aufgezeichnet. In ergänzenden Erhebungen wurden die Interessen der Schüler, ihr situatives Erleben der Stunden sowie ihre auf die thematischen Einheiten bezogenen Leistungen pre und post zur Videoaufzeichnung ermittelt (für eine Aufschlüsselung der Instrumente s. u.a. Prenzel et al. 2001). Im Rahmen der hier vorgestellten prozessbasierten Analyse wird auf Details dieser ergänzenden Erhebungen nicht eingegangen, auf eine ausführliche Darstellung der entsprechenden Instrumente wird deshalb verzichtet.

Für die hier vorgestellte explorative Studie wurde aus dem Gesamtsatz der am IPN erhobenen Daten die jeweils erste Stunde zur Einführung in den Kraftbegriff von zwei Lehrkräften zur Verfügung gestellt. Die Auswahl der zwei Lehrkräfte (im Folgenden mit LB und LS abgekürzt) wurde dabei von den sehr unterschiedlichen Leistungs- und Interessenentwicklungen der Klassen bestimmt: Während die Klasse von LS zwar im Vergleich zu anderen Klassen einen deutlichen Leistungszuwachs verzeichnete, die Interessenentwicklung aber abnahm, verhielt sich dies bei LB genau gegensätzlich (Interessenzunahme bei Leistungsabnahme)[3]. Neben den Videos zum Einführungsunterricht in Klasse 7 (Lehrer LS) bzw. in Klasse 8 (Lehrer LB) hat das IPN auch die Transkriptionen aller Sprechhandlungen der Schüler und Lehrkräfte für die Analysen zur Verfügung gestellt.

Da es sich in beiden Stunden primär um Frontalunterricht handelte, wurden zunächst nur die beiden Lehrerkameras ausgewertet, auf denen jedoch üblicherweise mindestens 50% der anwesenden Schüler und deren Aktivitäten mit aufgezeichnet waren. Das methodische Vorgehen bei der Auswertung dieser Videoaufzeichnungen unterscheidet sich dabei nicht von dem bisher mehrfach erprobten und in Bremen angewendeten Verfahren der Bedeutungsrekonstruktion von Probanden (u.a. C. v. Aufschnaiter & S. v. Aufschnaiter 2001). Es werden zunächst die im Video aufgezeichneten Handlungen und Sprechhandlungen der agierenden Personen, hier primär der Lehrer, transkribiert. Wichtig ist dabei besonders auch die Handlungen der Beteiligten mit zu verschriftlichen. Hier zeigt sich ein zentraler Vorteil von Videoaufzeichnungen, der durch den folgenden Transkriptausschnitt verdeutlicht wird (Handlungsbeschreibung in Klammern, Zeit in Minuten:Sekunden):

Transkript 1

32:00

LB: Dritter Versuch. (legt Kugel aus Knetgummi auf das Pult)

S?: Das ist Knetgummi.

LB: Das ist Knetgummi!

LB: Versuch beginnt. (macht eine Faust)

32:10

LB: (haut mit der Faust auf die Kugel; die Armbanduhr öffnet sich)

Die Schüler lachen

LB: Das gehört nicht zum Versuch. Versuch zu Ende. (lächelt)

32:20

Wenn die Handlungsangaben im Transkript fehlen, dann ist ohne die Videoaufzeichnung

[2] Die Studie wird im Rahmen des DFG Schwerpunktprogrammes „Bildungsqualität von Schule (BIQUA)" am IPN an der Universität Kiel durchgeführt. An der Studie beteiligt sind Manfred Prenzel, Inge-Marie Dalehefte, Reinders Duit, Manfred Euler, Manfred Lehrke, Lena Meyer, Christoph Müller, Rolf Rimmele, Tina Seidel, Maike Tesch und Ari Widodo.

[3] Leistungs- und Interessenentwicklung ergeben sich als Residuen. Daten aus Vor- und Nachtest werden auf Klassenebene miteinander verglichen. Auf diese Weise können aus dem Gesamtvergleich Klassen mit überdurchschnittlichen Leistungs- und Interessenentwicklungen ermittelt werden.

unklar, was genau passiert ist und worauf der Lehrer seine Angaben „Versuch beginnt" sowie „Versuch zu Ende" bezieht. Dies würde auch mit Audioaufzeichnungen nicht erfasst werden, stellt aber einen zentralen Aspekt des Lehrangebotes dar.

Transkriptionen werden (in Bremen) üblicherweise nach vorgegebenen Regeln durch studentische Hilfskräfte durchgeführt, die erstellten Dokumente werden anschließend durch mindestens einen Forscher in Hinblick auf möglichst interpretationsfreie Wiedergabe sowie auf Vollständigkeit kontrolliert. Da sich auch bei Transkripten individuelle Interpretation nicht immer vermeiden lassen, stellt eine Kontrolle zumindest sicher, dass diese auf ein Minimum reduziert werden.

In einem zweiten Schritt werden die individuellen Bedeutungen rekonstruiert, sowohl des Lehrers als auch – so weit möglich – der Schüler. Es wird dabei in Anlehnung an das Verfahren der objektiven Hermeneutik versucht, die individuellen Sinnzuschreibung der Probanden möglichst im Zeittakt von Gegenwartsfenstern in 3-Sekunden-Schritten (s.o.) zu rekonstruieren (u.a. Oevermann et al. 1979). Ein solches Vorgehen wird von Marton und Booth (1997) als „second order perspective" beschrieben, im Gegensatz zur „first order perspective", in denen die Beobachter zu (Sprech-)Handlungen der Probanden eigene Bedeutungen erzeugen. Inwieweit je rekonstruierte Bedeutungen denen der Probanden entsprechen, kann nicht mit Sicherheit geklärt werden; möglichst an (Sprech-)Handlungsserien orientierte Zuschreibungen sowie deren Überprüfung durch mindestens einen zweiten Beobachter sichern jedoch die ermittelten Rekonstruktionen ab.

In dann folgenden Auswerteschritten werden den Rekonstruktionen inhaltliche Breiten sowie Abstraktionsniveaus zugeschrieben sowie die zeitliche Entwicklung von inhaltlich zusammenhängenden (Sprech-)Handlungen untersucht. Üblicherweise werden dann die anhand von Einzelfällen generierten Hypothesen zur Entwicklung von Wissen anhand weiterer Fallbeispiele geprüft und, so weit möglich, statistisch abgesichert. In der hier vorgelegten explorativen Studie lag jedoch das primäre Augenmerk auf der Prüfung der anhand von Lernprozess-Studien entwickelten Dimensionen zur Beschreibung der Passung des Lehrangebotes zu den situativ aktiven Fähigkeiten der Lernenden. Es wurde dabei primär untersucht, ob sich mit den entwickelten Parametern qualitative Unterschiede zwischen den Lehrern beschreiben und sich diese zumindest in Ansätzen mit den Befunden der Leistungsmessungen und Interessenbefragungen in Verbindung bringen lassen.

Im folgenden Abschnitt werden auf der Basis der untersuchten Fälle insbesondere die detaillierten Zuschreibungen der Dimensionen Inhalt, Abstraktion und Zeit demonstriert und Vergleiche zwischen dem unterrichtlichen Vorgehen beider Lehrer angestellt.

4 Fallbeispiele

Der grobe Verlauf des Unterrichts der beiden untersuchten Lehrkräfte in die Einführung in den Kraftbegriff ist in Tabelle 1 dargestellt[4].

In der Tabelle sind die jeweils inhaltlich abgegrenzten Abschnitte des Unterrichtes von LS und LB sowie der zugehörige Zeitbedarf aufgeführt. Es setzt sich dabei jeder Abschnitt aus einzelnen, wiederum inhaltlich eingegrenzten Sequenzen zusammen. Innerhalb dieser Sequenzen lassen sich jeweils die Gedankengänge der Lehrer mit Bezug auf spezifische inhaltliche Ausschnitte unterscheiden (Beispiele für Sequenzen und Gedankengänge finden sich in Verlauf 1). Für die Analysen wird der Unterricht auf den Ebenen der Abschnitte, der Sequenzen und der Gedankengänge betrachtet.

Die untersuchten Lehrer LB und LS weisen auf der Ebene der Abschnitte vergleichsweise

[4] Die von Lehrern und Schülern in den einzelnen Unterrichtsabschnitten entwickelten Gedankengänge, deren Inhalt und zeitliche Strukturierung sowie die jeweils zugeschriebene Komplexität können im Internet unter www.cvauf.de/natpubl.html heruntergeladen werden. Im Text wird auf dieses Dokument unter der Bezeichnung „Detailanalysen" verwiesen.

wenig Unterschiede auf. Beide Lehrer sammeln in frühen Unterrichtsphasen „Begriffe" zum Thema Kraft, die sie in physikalische und nicht-physikalische Kräfte unterscheiden und mit den Schülern sortieren. Beide Lehrer führen zu unterschiedlichen Zeitpunkten Experimente selbst vor bzw. lassen diese durch Schüler vorführen, es findet also keine Gruppenarbeit statt. Zentral in beiden Stunden ist das Bemühen der Lehrer, Kräfte in Hinblick auf deren Wirkungen, d.h. Formänderung und Änderung der Bewegung von Gegenständen, zu unterscheiden.

Diese eher globale Analyse des Unterrichtgeschehens kann jedoch nicht nachzeichnen, welche Zeiten auf die jeweiligen inhaltlichen Teile innerhalb der Abschnitte entfallen und welche inhaltlichen Details und Verknüpfungen entwickelt werden bzw. wer diese Details entwickelt. Es bleibt zudem unklar, ob sich die Beteiligten (Schüler und Lehrer) unter ihren (sprachlichen) Beiträgen eher etwas Konkretes oder eher etwas Abstraktes vorstellen. All diese Aspekte sind jedoch zentrale Parameter, die über die Passung des Angebotes zu den situativ aktiven Fähigkeiten der Schüler Auskunft geben können.

Inhalt

In der direkten Abfolge von Gedankengängen der Lehrer und der Schüler lässt sich in verschiedenen Unterrichtsabschnitten feststellen, dass eine gute inhaltliche Passung hergestellt wird. Dies gilt besonders in den Unterrichtsabschnitten zum Sammeln von Wörtern mit „Kraft". Die Lehrer beziehen ihre Fragen meist auf nur einen ausgewählten Aspekt, der von den Schülern auch inhaltlich benannt werden kann. Wenn es den Schülern nicht sofort gelingt, auf die vom Lehrer entwickelten inhaltlichen Aspekte Bezug zu nehmen, dann präzisiert besonders LS seine Frage (s. z.B. Transkript 2, unten). LB benennt etwas häufiger als LS die von ihm gesuchten Begriffe selbst anstatt diese durch Schüler aufzählen zu lassen (s. u.a. Abschnitt 3 der Detailanalysen für LB).

Unterrichtsverlauf Lehrer LS	Unterrichtsverlauf Lehrer LB
1 Zeitungsausschnitt zum Krafttraining von Volksbänkern und Experimente mit dem Expander (6:10 min)	1 Sammeln von Begriffen zu Kraft (4:00 min)
2 Sammeln von Kraftbegriffen (10:20 min)	2 Klassifizierung der Begriffe (6:00 min)
3 Klassifizierung der Begriffe (4:30 min)	3 Sammlung nicht-physikalischer Kraftbegriffe (3:40 min)
4 Kennzeichen physikalischer Kräfte (6:30 min)	4 Aussortierung von Begriffen, die im Folgenden keine Rolle spielen (1:30 min)
5 Mit einem Ball über die Klassentür schießen (5:30 min)	5 Relevante Begriffe wählen und begründen (2:00)
6 Richtung, Angriffspunkt und Betrag von Kräften (13:30 min)	6 Unterschied Kraft und Energie (7:20 min)
	7 Versuche zu Kraft (6:00 min)
	8 Diskussion der Gemeinsamkeiten der Versuche (14:00 min)

Tab. 1: Darstellung der Unterrichtsabschnitte von Lehrer LS und LB

Während also in der direkten Abfolge von Gedankengängen in der Mehrzahl der fragend-entwickelnden Unterrichtsabschnitte die inhaltliche Passung bei beiden Lehrkräften vergleichsweise gut ist, zeigen sich in den inhaltsbezogenen Abläufen von Sequenzen z.T. Differenzen. Dies kommt bei LS vor allem am Ende des Unterrichts zum Tragen. LS möchte im Zusammenhang mit dem Experiment – die Schüler sollen versuchen, einen Ball über eine Tür schießen – als Aspekte von Kräften deren Angriffspunkt, Richtung und Betrag herausarbeiten. Dass es den Schülern nur schwer gelingt, den Ball über die Tür zu schießen, führen sie auf die Größe des Balles und dessen Härtegrad zurück (s. Abschnitte 5 und 6 der Detailanalysen für LS). Zu diesen Aspekten haben sie vermutlich bereits vor dem Unterricht einige Erfahrungen gesammelt und können sie deshalb im Zusammenhang mit dem Experiment benennen. Ihre Erfahrungen reichen jedoch noch nicht aus, um über die allgemeine Angabe „es kommt auch auf die Technik an" hinaus explizit konkrete Aspekte dieser notwendigen Technik zu benennen (z.B. den Ball am richtigen Punkt zu treffen). Auch die Frage des Lehrers, wo der Ball getroffen werden muss sowie weitere Hinweise zum Betrag der Kraft können die Schüler deshalb nicht nutzen. In Bezug auf Richtung (Flugbahn) und Beträge von Kräften muss LS deshalb überwiegend selbst die Inhalte entwickeln.

Während sich die mangelnde inhaltliche Passung im Verlauf von Abschnitten bei LS vor allem aus der nicht vollständig gelingenden Anbindung der zu entwickelnden Inhalte an Schülererfahrungen ergibt, gelingt LB die Passung auch deshalb häufig nicht gut, weil die inhaltliche Varianz seiner Argumentation zu hoch ist. Dies wird u.a. bei der Erarbeitung von Gemeinsamkeiten von durch den Lehrer vorgeführten Versuchen deutlich. Vom Lehrer werden nacheinander fünf Versuche vorgeführt: das Spannen einer Feder, der Abschuss einer Kugel mit einem Bolzen, die Verformung von Knetgummi (s. Transkript oben), Richtungsänderung einer rollenden Kugel mit Hilfe eines Gebläses (drei Mal vorgeführt) sowie das Aufblasen eines Luftballons (s. Abschnitt 7 der Detailanalysen für LB). Die zeitliche Strukturierung der Versuche entspricht dem oben aufgeführten Transkriptausschnitt 1, beträgt also weniger als 30 Sekunden pro vorgeführtem Experiment und wird zudem inhaltlich in der Regel nicht kommentiert. Bei der Vielzahl der vorgeführten Versuche und der dabei möglichen Betrachtungsweisen einzelner Ereignisse gelingt es den Schülern oft nicht, auf die vom Lehrer als zentral erlebten Aspekte zu fokussieren. Da sie jeden Versuch auch im weiteren Unterrichtsverlauf häufig nur ein- bis zwei Mal gesehen haben, gelingt es ihnen vermutlich ebenfalls nicht, innerhalb eines Gedankenganges zwei oder mehr der Versuche zu konstruieren und miteinander mental zu vergleichen (Aspekte von zeitlicher Strukturierung, s.u.). Dies ist jedoch notwendig, um die Versuche in Hinblick auf deren Gemeinsamkeiten zu klassifizieren. Aufgrund der hohen inhaltlichen Varianz (bei jeweils kleinen Zeitanteilen) muss LB im folgenden Abschnitt über die Zusammenhänge der Versuche überwiegend selbst die inhaltlichen Bezüge herstellen, um dann zum Schluss weitgehend ohne Beteiligung der Schüler das den einzelnen Gruppen von Versuchen Gemeinsame – Änderung von Form oder Bewegung – herauszuarbeiten (s. Abschnitt 8 der Detailanalysen für LB).

Dass die inhaltliche Varianz bei LB höher als bei LS ist, ist auch daran zu erkennen, dass LB für die Wiederholung zentraler Aspekte neue Kontexte einführt. Dies betrifft u.a. die „Anwendung" einer in Abschnitt sechs getroffenen Unterscheidung von Energie und Kraft (s. Verlauf 1, unten). Zur Wiederholung der zuvor diskutierten Unterscheidung sollen die Schüler erläutern, ob Obelix mehr Kraft oder mehr Energie hat. Anstatt einer Wiederholung lässt sich diese Aufgabenstellung jedoch eher als Transfer auf inhaltlich „Unbekanntes" interpretieren. Da die Schüler für solch einen Transfer aber zunächst die entsprechenden inhaltlichen Aspekte im vorher entwickelten Kontext vergleichsweise sicher konstruieren können müssen, was vermutlich nicht der Fall ist, verfehlt die „Wiederholung" ihre Funktion (s. Abschnitt 6 der Detailanalysen für LB). LS dagegen bezieht sich in seinen Wiederholun-

gen jeweils auf die gleichen Kontexte, in denen die Inhalte auch entwickelt wurden. Dies wird u.a. im unten aufgeführten Transkript 2 deutlich, wo LS die von den Schülern genannten Aspekte erneut benennt (s.a. Abschnitt 4 der Detailanalysen für LB).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich eine prozessbasierte Analyse der inhaltlichen Passung sowohl auf die Passung direkt aufeinander folgender Gedankengänge als auch auf Passungen mittlerer Reichweiten (im Rahmen von Sequenzen oder Abschnitten) beziehen kann. Die Daten deuten an, dass bereits sehr kleine Abweichungen der inhaltsbezogenen Konstruktionen von Lehrern und Schülern auf die Passung zurückwirken und deshalb vermutlich bei der Planung und Analyse von Unterricht einen zentralen Aspekt darstellen.

Abstraktion

Es wurden zunächst auf der Basis der Videoaufzeichnungen und der erstellten Transkriptionen zu den (Sprech-)Handlungen der Lehrer und Schüler (so weit erkennbar) die jeweils individuellen Sinnzuschreibungen auf einem Zeittakt von ca. 3 Sekunden ermittelt (Bedeutungsrekonstruktionen). Anschließend wurden diesen Rekonstruktionen Komplexitäten zugeschrieben (im Wesentlichen nur die oben explizit aufgeführten Ebenen der Objekte, Eigenschaften und Ereignisse). In einer Reihe von Fällen reichen die (Sprech-)Handlungen nicht aus, um eindeutig ein Komplexitätsniveau zuzuweisen, hier wurden die möglichen Niveaus angegeben (dies gilt auch für die im Zusammenhang mit Transkripten angegebenen Zuschreibungen).

Aus einer ersten Durchsicht der Unterrichtsverläufe lässt sich erkennen, dass LS überwiegend ohne die für Schüler am Anfang der Beschäftigung mit einem neuen Unterrichtsthema nur schwer zugängliche Verknüpfung von zwei oder mehr abstrahierten Situationsklassen auskommt (kaum Angebote auf dem Niveau der Ereignisse macht). Zudem beschränken sich die auf Ereignissen basierenden Angebote auf den letzten Unterrichtsabschnitt. LB hingegen erreicht häufiger die Ebene der Ereignisse, dies auch in mittleren Abschnitten des Unterrichtsgespräches (s. Beispiel unten sowie die Detailanalysen).

Bei der Durchsicht der Zusammenstellung von Abschnitten fällt zudem auf, dass LS seinen Unterricht konsequent „bottom-up“ (induktiv) strukturiert: Er stellt zunächst wiederholt Erfahrungen der Schüler zu einem spezifischen Sachverhalt her (Ebene der Operationen), bevor er sich generalisierend in seinen Erläuterungen explizit auf diese Erfahrungen bezieht (Ebene der Eigenschaften). Es gelingt ihm deshalb auch vergleichsweise schnell, mit den Schülern anhand der zuvor durchgeführten Beschäftigung mit dem Zeitungsausschnitt zu den sportlichen Aktivitäten der Volksbänker und dem Dehnen eines Expanders die zentralen Eigenschaften von Kräfte zu entwickeln (Komplexitäten in eckigen Klammern):

Transkript 2

22:30

LS: Und wenn wir uns jetzt mal diese Kräfte anschauen, die da noch stehen [Operation], was könnte man mit der Muskelkraft alles anfangen? [Operation] Wir haben vorhin ja schon Beispiele hier gesehen. /// [Operation]

22:40

LS: Die, die Volksbänker, wofür brauchen die die Muskelkraft? [Operation] / Wie war das? [Operation]

S: Für den Euro. [Operation]

LS: Für den, ja,

22:50

LS: nicht, um den Euro zu zählen [Operation], sondern was, was wollten die damit? [Operation]

S: Die wollten die Säcke da in die Bank reintragen. [Operation]

LS: Genau, die Säcke in die Bank reintragen. [Operation]

23:00

LS: Da kann also, da kann also der Euro hinein getragen werden mit, in die Bank. [Operation] Und dann haben wir vorhin gesehen, hier, bei ... /// [Operation]

23:10

LS: S, was hattest du gemacht mit deiner Muskelkraft noch? [Operation]

S20 Ich habe meine Muskelkraft auseinander gezogen. [Operation]
LS: Ja, nicht die Muskelkraft, sondern? [Operation]
S20 Ja, das Gummiband. [Operation]
LS: Das Gummiband auseinander gezogen. [Operation] Also einen Körper gedehnt, nicht. [Operation]
23:20
LS: Beim ersten Mal haben wir diese Säcke bewegt, und hier haben wir einen Körper gedehnt. [Operation] Und genau das ist es, was die
23:30
LS: Physiker von einer physikalischen Kraft erwarten. [Eigenschaft] Ein Körper muss dadurch in Bewegung gesetzt werden können, durch die Kraft [Eigenschaft], oder
23:40
LS: gedehnt oder verformt werden können [Eigenschaft]. Es gibt ja auch Leute, die sind sehr stark, nicht. [Operation/ Eigenschaft] Die können
23:50
LS: zum Beispiel einen Tennisball eindrücken. [Operation/Eigenschaft]

Aus dem aufgeführten Transkript wird deutlich, dass die Schüler auf einer konkreten Ebene die der Generalisierung zugrunde liegenden Aspekte entwickeln, diese Entwicklung jedoch von LS stark geführt wird. Im Anschluss an die aus wenigen aber wiederholt sowohl vom Lehrer als auch von den Schülern angesprochenen Erfahrungen bezieht LS seine Generalisierung auf ein weiteres Beispiel, die Verformung eines Tennisballes.
Auch der Unterricht von LB erscheint in diesem Sinne als „bottom-up": Er führt wie LS zunächst fünf Experimente selbst vor (s.o.), bevor er mit Hilfe dieser Experimente auf die Generalisierung von Kräften eingeht (Tabelle 1 sowie Abschnitte 7 und 8 der Detailanalysen für LB). Während LS aber auf wenige, im Unterricht jedoch wiederholt hergestellte Erfahrungen Bezug nimmt und daraus die Generalisierung ableitet, entscheidet sich LB für eine Vielzahl unterschiedlicher und nur selten vorgeführter Phänomene, um die gleichen Aspekte von Kraft zu entwickeln. Die Experimente unterscheiden sich aus einer oberflächlich-inhaltlichen Perspektive deshalb sehr deutlich, sollen sie doch eine darunter liegende „Tiefenstruktur" demonstrieren. Obwohl auch hier von den Phänomenen ausgegangen wird, gelingt es den Schülern selbst auf einer konkreten Ebene weitgehend nicht, zentrale Aspekte der Generalisierungen zu entdecken (bei manchen Versuchen bewegt sich was, manchmal wird etwas verformt), auch dann nicht, als LB wie LS eine enge Führung des Gespräches vornimmt. Der hier vorliegende Vergleich scheint anzudeuten, dass Schüler zunächst nur kleine Varianzen in ihnen zugänglichen Phänomenen bearbeiten und zum Entdecken (Verstehen) von Generalisierungen nutzen können, während deutlich unterschiedliche Phänomene, die nach Gesichtspunkten der ihnen zugrunde liegenden Generalisierung für den Unterricht genutzt werden, das Entdecken zentraler Gemeinsamkeiten eher zu erschweren scheinen. Es sollte an dieser Stelle jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass bisherige Befunde zum Lernen von Physik andeuten, dass die aus wenigen Fällen abgeleiteten Generalisierungen von den Schülern häufig nicht auf andere Fälle übertragen werden können. Es bleibt also auch bei LS zweifelhaft, ob über die diskutierten Fälle hinaus, Schüler Aspekte von Kräften angemessen zuschreiben können.
Auch in der detaillierten Analyse der Passung der Komplexität des Angebotes zu der Komplexität der (zu erwartenden) Fähigkeiten der Schüler fällt besonders bei LB auf, dass die Passung häufig nicht gelingt. Im sechsten Abschnitt (s. Tabelle 1) versucht LB, auf der Ereignisebene den Unterschied zwischen Energie und Kraft herauszuarbeiten. Die Inhalte der Gedankengänge und die je Gedankengang maximal zugeschriebene Komplexität sowie der zeitliche Aufwand werden hier dargestellt. Die Zeitangaben (in Minuten:Sekunden) beziehen sich jeweils auf die Dauer der entsprechenden inhaltlichen Sequenz[5]. Gedankengänge der Schüler wurden in kursiv gesetzt:

Verlauf 1

0:45 Ist Energie dasselbe wie Kraft [Ereignis]
Ja [Operation oder Eigenschaft]
Wind- oder Atomkraftwerke erzeugen Energie [Eigenschaft]

0:20 Warum muss man Brötchen und Marmelade zum Frühstück essen [Operation/ Eigenschaft]

0:20 Warum muss man überhaupt essen [Eigenschaft]
Man muss essen, damit man Kraft hat/ was machen kann [Operation]

0:15 Wofür braucht ein Kranker Nahrung [Eigenschaft]
Für die Abwehrkräfte braucht er Energie [Operation/Eigenschaft]

0:15 Was macht der Körper mit Energie beim Schlafen [Eigenschaft/Ereignis]
Energie wird verbraucht/abgebaut [Operation/Eigenschaft]
Energie hält den Kreislauf in Gang [Operation/Eigenschaft]

0:15 Wie wird Energie verbraucht [Ereignis]
Irgendwie entsteht Zucker [Eigenschaft]
Der Kranke muss atmen [Operation]

0:05 Alle Menschen sind Warmblüter [Eigenschaft]

0:55 Was wir zu uns nehmen, ist Energie [Eigenschaft]
Mit der Energieaufnahme haben wir noch lange keine Kraft [Ereignis]
Wenn wir etwas tun, werden wir die Energie wieder los [Ereignis]
Jeder weiß, dass man nach dem Sport ausgepowert ist [Eigenschaft]
Hat man dann keine Kraft oder keine Energie mehr [Ereignis]
Was passt besser [Eigenschaft]
Man hat keine Energie mehr [Operation]

0:15 Energie ist die Fähigkeit, etwas zu tun, Kraft tritt auf, wenn man es tut [Ereignis]

Obwohl es den Schülern z.T. gelingt, die Eigenschaftsebene in Bezug auf ihnen vermutlich vertraute Zusammenhänge zu erreichen, können sie nicht auf die vom Lehrer entwickelte Komplexitätsebene der Ereignisse (Unterscheidung von Kraft und Energie) Bezug nehmen. Dies wiederum scheint auch LB selbst zumindest intuitiv zu erfassen. In inhaltlich variierenden Anläufen versucht er, für die Schüler Angebote zu entwickeln, die sie befähigen, die von ihm angestrebte Ebene zu erreichen. Obwohl LB dabei häufig „nur" in Hinblick auf Eigenschaften fragt, können die Schüler die von ihm angesprochenen inhaltlichen Aspekte nicht bis zu dieser Ebene entwickeln: Es stellt sich auch inhaltlich wiederholt keine Passung ein. Die Schüler sind im gesamten Abschnitt weder bezogen auf den Inhalt noch bezogen auf die Komplexität des Angebotes in der Lage, im Sinne des Angebotes angemessene Bedeutungen zu erzeugen.

Im Gegensatz zu LB sind die von LS entwickelten Eigenschaften überwiegend auf die Erfahrungen der Schülern bezogen, er vermeidet die für Schüler nur schwer nachvollziehbare Verbindung von Kraft und Energie (und wiederholt statt dessen bisher diskutierte Zusammenhänge):

Transkript 3

26:50
S7: Aber die Solarkraft hat aber auch eine Energie. [Operation/Eigenschaft]
LS: Ja, die Solarkraft. [Operation]
27:00
LS: Die Solarkraft, sagt S7, gehört nicht dazu. Wie ist das? [Operation/Eigenschaft]
S: ..?..
LS: Solarkraft ist Sonnenkraft, ja. [Eigenschaft]
27:10
LS: Was kann man denn damit anfangen? [Operation/Eigenschaft]
[Keine Meldung, einige S schreiben noch]
S: Strom. [Operation/Eigenschaft]
LS: Strom, und der Strom, der fließt? [Opera-

[5] „Sequenzen" sind aus Beobachtersicht durch den Lehrer initiierte, inhaltlich abgegrenzte Teile des Unterrichtsgeschehens. Sequenzen beziehen sich auf jeweils von den Lehrern (für die Schüler) entwickelte (Teil-)Aufgaben.

tion] Also haben wir Bewegung. [Eigenschaft]

27:20

LS: Setzt den elektrischen Strom, nicht, in Bewegung, nicht, haben wir, nicht! [Operation/Eigenschaft] Können Gegenstände in Bewegung setzen oder verformen. [Eigenschaft]

Obwohl aus physikalischer Sicht der vom Lehrer hergestellte Zusammenhang fragwürdig erscheint, erfüllt er den Zweck einer Wiederholung und ist eng auf die vom Schüler bereits „bekannten" Aspekte bezogen. Inwieweit ein solches Vorgehen dadurch gerechtfertigt werden kann, dass Schüler eine explizite, physikalisch angemessene, Darstellung vermutlich zu einem solchen Zeitpunkt noch nicht verstehen würden, ihnen aber die (etwas fragwürdige) Bezugnahme hilft, zunächst auf einer niedrigeren und weniger ausdifferenzierten Ebene ihre Fähigkeiten zu „stabilisieren", müsste in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Komplexität als ein weiterer Maßstab für die Analyse der situativen Passung genutzt werden kann. Die Daten deuten an, dass eine konsequent auf wiederholte konkrete Erfahrungen der Schüler bezogene Unterrichtsführung mit eher geringer inhaltlicher Varianz und weitgehender Vermeidung der Verknüpfung von (abstrakten) Eigenschaften eine höhere Passung herstellt, als die von Eigenschaften oder Ereignissen ausgehende Zusammenstellung von (inhaltlich stark differierenden) Demonstrationsexperimenten.

Zeit

In der Analyse von Abschnitten, die das Herstellen konkreter Schülererfahrungen zum Gegenstand haben, fällt zunächst auf, dass beide Lehrer wiederum eine ähnliche zeitliche Strukturierung erzeugen. LS setzt ca. 14 Minuten der Unterrichtszeit ein, um einen Zeitungsausschnitt zu bearbeiten, Experimente mit einem Expander und einem Magneten durchzuführen sowie einen Ball über die Klassentür schießen zu lassen. LB wendet ca. 15 Minuten seines Unterrichts auf, um die Schüler Wörter mit „Kraft" auf Folien schreiben zu lassen sowie Experimente mit einem Magneten, einem Bolzenschussgerät, einer Rollbahn, Knetgummi, einem Luftballon sowie geriebenen Stäben und Folien vorzuführen. Während LS das Zeitfenster auf nur vier inhaltlich unterschiedliche Aktivitäten verteilt, sind es bei LB insgesamt (mindestens) sieben. Daraus resultiert, dass bei LB für jede Aktivität weniger Zeit gegeben ist und auch weniger Wiederholungen angeboten werden als bei LS. Diese zeitliche Verteilung von auf Schülererfahrungen bezogenen Aktivitäten mag auch erklären, warum LS für die erstmalige explizite Entwicklung der Wirkung von Kräften nur gut eine Minute benötigt (vollständig dargestellt in Transkript 1) während LB vom ersten Anlauf der Nutzung der Experimente zur Entwicklung der entsprechenden Generalisierung bis zur expliziten Angabe der Eigenschaften von Kräften ca. 14 Minuten benötigt (s. Tabelle 1 sowie Abschnitt 8 der Detailanalysen für LB). In dem Zusammenspiel von Inhalt und Zeit lassen sich also bereits auf einer eher grobskaligen Ebene deutliche Differenzen ausmachen, die auch auf die zeitliche Strukturierung der Details zurückwirken.

Bei der zeitlichen Analyse des Unterrichts beider Lehrer lässt sich feststellen, dass einzelne Sequenzen in keinem Fall ein Zeitfenster von mehr als 5 Minuten überschreiten (s. Verlauf 1 sowie die Detailbeschreibungen). Diesen Sequenzen liegen dabei häufig nicht nur eine, sondern mehrere Aufgaben (Fragestellungen) zugrunde, die z.T. als Präzisierungen entstehen (vgl. Transkript 2). Präzisierungen von Aufgaben werden vor allem dann notwendig, wenn aufgrund von inhaltlichen oder komplexitätsabhängigen Kriterien nicht sofortige Passung von Gedankengängen hergestellt werden kann. Worauf der Lehrer mittelfristig „hinaus" will, spiegelt sich überwiegend nicht in den von ihm abgegebenen Äußerungen wider, so dass die Schüler nur auf einzelne Fragen des Lehrers reagieren können. Sie interpretieren dann jeden Gedankengang des Lehrers als einzelne Aufgabe. Wenn der Lehrer ihnen für deren Beantwortung nur wenige Sekunden Zeit lässt, können sie keine unterschiedlichen Lösungsansätze entwickeln und erproben,

sondern sind auf die unmittelbare Passung von Lösungen zu Fragen angewiesen. Problematisch scheint somit nicht die in beiden Stunden fehlende Einführung in die Zielsetzung der gesamten Unterrichtseinheit zum Thema Kraft zu sein, sondern die für Schüler nur schwer erkennbaren Ziele (Aufgaben) mittelfristig strukturierter Unterrichtssequenzen in Zeitfenstern von weniger als 5 Minuten, so dass sie Lösungen selbständig entwickeln können.

Es lässt sich, vielleicht etwas überraschend, feststellen, dass die Lehrer inhaltlich zusammenhängende Gedankengänge überwiegend in Zeitfenstern von weniger als 30 Sekunden entwickeln. Dies wird u.a. in der oben aufgeführten Unterscheidung von Kraft und Energie durch den Lehrer LB deutlich (s. Verlauf 1), kann aber auch aus den in den Detailanalysen aufgelisteten Gedankengängen durch zeitliche Mittelung gut nachvollzogen werden (s.a. Tabelle 2). Verlauf 1 zeigt zudem, wie kritisch das Zeitfenster von 30 Sekunden bezüglich der Herstellung der Passung von Inhalt und Komplexität zu sein scheint. In verschiedenen Sequenzen versucht LB vor allem den Aspekt der Energie in jeweils (leicht) variierenden Aufgaben zu bearbeiten. Während für die Schüler fast jede Äußerung des Lehrers aufgrund der kontextuell stark variierenden Einbettung einen komplett anderen Inhalt darstellt, scheint der Lehrer zwar kurzfristig immer wieder einen neuen Gedankengang zu starten, bleibt dabei jedoch relativ dicht an seiner eingangs formulierten Aufgabe. Innerhalb der Sequenzen gelingt es LB dabei jedoch nicht, sich jeweils nur einem Aspekt zuzuwenden. Dies lässt sich unter anderem in der vorletzten Sequenz (Dauer 55 Sekunden) des unter Verlauf 1 dargestellten Ausschnittes verfolgen: Von der Aufnahme der Energie springt LB – ohne durch eine Schülerfrage dazu veranlasst worden zu sein – zur Abgabe der Energie, zu einem Gefühl nach dem Sport, zu einer Unterscheidung zwischen Energie und Kraft sowie zu einer Präzisierung der Nachfrage nach der Unterscheidung bei reduzierter Komplexität. Jeder einzelne Gedankengang von LB, von ihm im Sinne von Lösungswegen zu seiner Aufgabe entwickelt, stellt für die Schüler eine eigene Aufgabe dar, die sie überwiegend nicht in der zur Verfügung stehenden „Denkzeit" bearbeiten können (kaum oder keine Meldungen). Am Ende des gesamten oben aufgeführten Abschnittes zur Unterscheidung von Kraft und Energie formuliert LB, nachdem er insgesamt knapp 3:30 Minuten mit der Diskussion dazu zugebracht hat, innerhalb von 15 Sekunden in einem Gedankengang die Unterscheidung explizit. Dies kann von den Schülern (vermutlich) auch jetzt nicht nachvollzogen werden, da sie die beiden Eigenschaften (Energie und Kraft) bisher noch nicht angemessen separat in Zeitfenstern von bis zu 30 Sekunden erzeugen konnten.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die hier dokumentierten Befunde über bisherige Untersuchungen zur zeitlichen Strukturierung von Unterricht (u.a. Bolte & Storck 1996) deutlich hinaus gehen. Neben der Erfassung zeitlicher Mikrostrukturen werden die innerhalb der Zeitfenster stattfindenden Prozesse systematisch auf inhaltliche Aspekte sowie auf erreichte Abstraktionsniveaus bezogen und können somit Aufschluss darüber geben, ob die ermittelten Zeitfenster für die notwendigen Entwicklungen angemessen sind.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die bereits theoretisch und empirisch für Schüler begründeten Zeitfenster auch für die Lehrer als limitierende Randbedingungen zumindest in den hier untersuchten Fällen bestätigt wurden. Die analysierten Lehrer verwenden ebenso wie Schüler nur maximal 30 Sekunden, um inhaltlich zusammenhängende Aspekte zu entwickeln. Sie befassen sich darüber hinaus mit von ihnen selbst entwickelten Aufgaben nicht länger als 5 Minuten, dies entspricht ebenfalls dem für Schüler gefundenen Zeitfenster. Anders als den Schülern gelingt den Lehrern jedoch die Konstruktion ausdifferenzierterer inhaltlicher Zusammenhänge auf höheren Komplexitätsniveaus in diesen Zeitfenstern. Es ist zu vermuten, dass stark lehrer-gesteuerter Unterricht deshalb nur selten eine gute Passung von Inhalt und Abstraktionsniveau über einzelne Gedankengänge hinaus erreichen kann.

Kompetenzerleben der Schüler

Aussagen zum Kompetenzerleben der Schüler sind aufgrund der Datenlage vergleichsweise schwierig. Es muss zunächst festgehalten werden, dass sich von den jeweils im Video dokumentierten Schülern (überwiegend mehr als 50% der Klasse) situativ im Regelfall nicht mehr als drei bis fünf Schüler am Unterricht beteiligen. Es gibt weder deutliche Hinweise, dass die Schüler häufig Spaß im Sinne einer Verbesserung bereits entwickelter Fähigkeiten erleben, noch, dass sie wiederholt etwas für sich Neues selbst entdecken können. Dabei unterscheiden sich, wie bereits dargestellt, die beiden Lehrer im Hinblick auf Passung der Angebote zu den bisherigen Erfahrungen und dabei entwickelten Fähigkeiten der Schüler. Bei LS ist das Unterrichtsniveau in Bezug auf inhaltliche Passung und Angemessenheit des Abstraktionsgrades zwar besser, jedoch werden die Schüler hier sehr eng geführt. Das Abstraktionsniveau und die inhaltliche Varianz scheint bei LB zu hoch, so dass auch hier die Schüler nicht aktiv werden. Es kann deshalb vermutet werden, dass andere Erlebensdimensionen als das Kompetenzerleben während des Unterrichts die Einschätzungen der Schüler in Bezug auf den Unterricht und die Entwicklung ihrer Interessen beeinflussen. Die Videoaufzeichnungen legen nahe, dass Lehrer LB seinen Schülern relativ viel Autonomie lässt, sie dürfen u.a. selbst entscheiden, was sie zu den Experimenten aufschreiben. Diese Autonomie wird vermutlich von den Schülern erlebt und im Zusammenhang mit der Interessenbefragung angemessen „honoriert". LS hingegen strukturiert den Unterricht in Hinblick auf Entscheidungsfreiheiten der Schüler stark. Dies äußert sich u.a. in der Tatsache, dass festgelegt wird, was in welcher Farbe (mit dem Geodreieck) unterstrichen werden soll.

Ergebnisse der unterschiedlichen Verläufe der Interessenentwicklungen pre und post zur Erhebung unterstützen die Vermutung, dass der Unterricht von LB positiver von den Schülern erlebt wird als der Unterricht von LS, obwohl die Schüler dem Unterricht von LB aufgrund schlechterer Passung vermutlich weniger gut folgen können. Im Einklang damit lernen die Schüler bei LB ausweislich der Leistungsmessungen weniger als bei LS. Es muss jedoch an dieser Stelle festgehalten werden, dass sich die Erhebungen der Interessen und die Leistungsmessungen auf den gesamten Unterricht beziehen und damit den hier ausgewerteten Zeitraum überschreiten. Analysen auch der anderen Stunden müssen zeigen, ob sich die hier andeutenden Tendenzen bestätigen.

Zusammenfassung der Befunde

Aus den prozessbasierten Detailuntersuchungen ergeben sich erkennbare Unterschiede für die beiden Lehrkräfte. Exemplarisch wurden Beispiele für die Unterschiede bereits in den vorherigen Abschnitten diskutiert. In der folgenden Tabelle sind inhaltliche Strukturierung, entwickelte Komplexitätsniveaus sowie zeitlicher Bedarf für einige der von den Lehrern entwickelten Aktivitäten zusammenfassend gegenüber gestellt. Es sei darauf hingewiesen, dass es sich aufgrund der qualitativen Analysen überwiegend um Mittel- oder Schätzwerte handelt, da insbesondere in Bezug auf inhaltliche Auswertungen die Grenzen zwischen unterschiedlichen Inhalten nicht immer ganz eindeutig sind. Es wurden aus diesem Grund nur solche Werte aufgenommen, die sich aus den vorliegenden Daten mit angemessener Genauigkeit ermitteln lassen.

Es lässt sich insgesamt festhalten, dass der LS Inhalte nacheinander entwickelt und für einzelne Aspekte häufig angemessenere Zeitfenster findet. Er hat dabei eine konsequent induktive Unterrichtsführung, in der konkrete Erfahrungen und Beobachtungen den dazugehörenden Erläuterungen und Verallgemeinerungen vorangestellt werden. Die vom Lehrer LS entwickelten theoretischen Beschreibungen werden auch für nicht im Unterricht bearbeitete Inhalte dicht an den (zu erwartenden) Erfahrungen der Schüler orientiert. Dabei argumentiert LS nur selten auf einem für Schüler schwer zugänglichen Komplexitätsniveau (Ereignisse). Insgesamt lässt sich mit Hilfe der Detailanalysen gut nachzeichnen, dass die Angebote von LS deutlich häufiger in der Zone der nächsten Entwicklung liegen als bei LB und damit Forderungen nach guter Passung von Anforderungs-

und Fähigkeitsniveau nachkommen. Dies lässt sich auch in den begleitenden Leistungsmessungen nachweisen, in denen die Schüler von LS nach dem Unterricht besser als die Schüler von LB abschneiden. Darüber, weshalb es Lehrer LS insgesamt häufiger als LB gelingt, seine Angebote in Bezug auf Inhalt, Abstraktionsniveau und zeitlicher Strukturierung an die Fähigkeiten der Schüler anzupassen, kann hier nur spekuliert werden. Es zeigt sich am Video, dass LS häufig am seitlichen Rand oder direkt in der Klasse steht, während sich LB überwiegend am Pult aufhält. Dieser direktere Kontakt von LS zur Klasse könnte dazu beitragen, dass LS intuitiv besser als LB einschätzen kann, wie lange Tätigkeiten bei Schülern dauern und welche inhaltlichen Aspekte auf welchem Komplexitätsniveau dabei entwickelt werden.

5 Diskussion

Die derzeitige Diskussion um Bildungsqualität von Schule ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Ansätzen und Forschungsmethoden, die sich jedoch nur selten auf die Prozesse des Lehrens und Lernens selbst beziehen. Anhand von Lernprozessstudien mit Schülern und Studierenden verschiedenen Alters lässt sich jedoch zeigen, dass die inhaltliche Passung, das jeweils angebotene Komplexitätsniveau und die zeitliche Strukturierung von Lehr-Lernprozessen sowie je individuelles Erleben von Kompetenz für Aspekte von Bildungsqualität eine zentrale Rolle spielen. Nur wenn auf der Mikroebene unterrichtlicher Bemühungen in den aufgeführten Dimensionen gut zu den situativ aktivierbaren Fähigkeiten der Lernenden passen, kann davon ausgegangen werden, dass Schüler zu den Inhalten des Unterrichts aktiv werden und dabei ihre Kompetenzen weiter entwickeln.

Im vorliegenden Beitrag wurden Videoaufzeichnungen zweier Lehrkräfte (Lehrer LB und Lehrer LS) zum Einführungsunterricht in Klasse 7/8 in den Kraftbegriff genutzt, um die stattfindenden Prozesse systematisch in Hinblick auf

	Lehrer LS	Lehrer LB
Gesamtdauer der unterrichtlichen Aktivitäten (Zeitangaben gerundet)	46:30 Minuten	44:30 Minuten
Zahl der den Lehrern zugeschriebenen Gedankengänge	98 Gedankengänge in 46:30 Minuten	159 Gedankengänge in 44:30 Minuten
Verteilung der Komplexitätsniveaus auf Gedankengänge (bei doppelten Zuschreibungen wurde die niedrigere Komplexität gezählt)	Operationen: 54 (55%) Eigenschaften: 39 (40%) Ereignisse: 5 (5%)	Operationen: 79 (50%) Eigenschaften: 58 (36%) Ereignisse: 16 (10%) ohne Zuschreibung: 6
Ungefähre Zahl der insgesamt in Sequenzen entwickelten unterschiedlichen Inhalte	16	27
Zahl der insgesamt entwickelten Sequenzen	34	70
Mittlere zeitliche Dauer von Sequenzen (Zeitangaben gerundet)	80 Sekunden	40 Sekunden
Zahl der insgesamt entwickelten Abschnitte	6	8
Mittlere zeitliche Dauer von Abschnitten (Zeitangaben gerundet)	7:50 Minuten	5:30 Minuten

Tab. 2: Vergleich von entwickelten Inhalten, Komplexität und zeitlicher Strukturierung zwischen den Lehrkräften LS und LB.

inhaltliche Aspekte, Komplexitätsniveau und zeitliche Strukturierung im Detail auszuwerten und auf stattfindende bzw. zu erwartende Schüleraktivitäten zu beziehen. Es wurden ferner die unterrichtlichen Bemühungen der beiden Lehrkräfte vergleichend gegenübergestellt und auf Ergebnisse von Leistungsmessungen sowie Befragungen der Schüler zum Interesse bezogen. Die im vorherigen Abschnitt dokumentierten Befunde lassen sich zu folgenden Annahmen zur Bildungsqualität von Physik-Unterricht zusammenfassen:

- Die zeitliche Strukturierung kognitiver Prozesse in Zeitfenstern von 30 Sekunden und 5 Minuten findet sowohl bei Schülern als auch bei Lehrern statt. Lehrer binden in diesen Zeitfenstern häufig mehr inhaltliche Aspekte zusammen und erreichen dabei spontan höhere Komplexitätsniveaus als ihre Schüler. Dies stellt ein hohes Risiko für gelingenden Unterricht dar.
- Fragend-entwickelnder Unterricht schafft Passungen zwischen Angebots- und Fähigkeitsniveau häufig nur in Zeitfenstern von weniger als 30 Sekunden. Dadurch können Schüler in der Regel schon (aufgabenbezogene) Ziele des Lehrers in zeitlich mittlerer Reichweite nicht mehr erfassen.
- Demonstrationen von strukturgleichen, aber oberflächlich sehr unterschiedlichen Phänomenen kann im Regelfall von Schülern in den zur Verfügung stehenden Zeitfenstern nicht für die Entwicklung der den Phänomenen zugrunde liegenden Generalisierung genutzt werden.

Die vorgestellte Methode ist sicherlich aufwändig, weshalb sie sich nicht als Routineverfahren zur Auswertung von Videodaten aus Lehr-Lernsituationen eignet. Sie kann sich jedoch als wertvoll erweisen im Zusammenhang mit

- der grundlegenden Aufklärung der Wirkungsmechanismen von Lehren und Lernen.
- der exemplarischen Darstellung und Diskussion von gelingendem Physikunterricht im Rahmen der Lehrerausbildung.
- individuellem Coaching von Lehrern zur Verbesserung ihrer eigenen Unterrichtsangebote.

6 Danksagung

Die hier vorgestellten Daten wurden im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projektes „Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht: eine Videostudie“ im Schwerpunktprogramm BIQUA erhoben. Manfred Prenzel, Inge-Marie Dalehefte, Reinders Duit, Manfred Euler, Manfred Lehrke, Lena Meyer, Christoph Müller, Rolf Rimmele, Tina Seidel, Maike Tesch und Ari Widodo vom IPN an der Universität Kiel gilt mein besonderer Dank für die Möglichkeit, an der Auswertung dieses überaus spannenden Datensatzes teilhaben zu können. Darüber hinaus danke ich Christoph Müller für die Bereitstellung der aufbereiteten Dokumentationen zum Unterricht und Rolf Rimmele für „Videograph“, einem unendlich hilfreichen Programm zur Auswertung von Videodaten. Danken möchte ich auch der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die durch die Finanzierung des Projektes und der Bereitstellung meines Habilitandenstipendiums die hier vorgestellten Analysen erst ermöglicht hat. Last but not least gilt allen Lehrerinnen und Lehrern, die sich so bereitwillig „in die Karten“ schauen ließen, ein Unterfangen, das sicher nicht selbstverständlich ist, ein ganz besonderer Dank. Nur auf diesem Wege kann empirische Lehr-Lernforschung die für die Entwicklung von Schülern relevanten Parameter unterrichtlicher Bemühungen „entdecken“, theoretisch begründen und somit einer zielgerichteten Modifikation von Lernumgebungen zugänglich machen.

7 Literaturverzeichnis

Aufschnaiter, C. v. (1999). Bedeutungsentwicklungen, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben. Berlin: Logos.

Aufschnaiter, C. v. (2002a). Commonalities and Differences in the Way Middle and High School Students Develop and Use Conceptions While

Working on Physics Tasks. In: Proceedings of the Third European Symposium on Conceptual Change. A Process Approach to Conceptual Change. Turku: Faculty of Education, 98-107.

Aufschnaiter, C. v. (2002b). „Ich weiß was rauskommt, aber ich kann es nicht erklären." In A. Pitton (Hrsg.), Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 24. Münster, Hamburg, London: LIT Verlag, 114-116.

Aufschnaiter, C. v. & Aufschnaiter, S. v. (2001). Prozessbasierte Analysen kognitiver Entwicklung. In: S. v. Aufschnaiter & M. Welzel (Hrsg), Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lern-Prozessen. Münster: Waxmann, 115-128.

Aufschnaiter, C. v. & Aufschnaiter, S. v. (2003). Theoretical Framework and Empirical Evidence on Students' Cognitive Processes in Three Dimensions of Content, Complexity, and Time. Journal of Research in Science Teaching, 40(7), 616-648.

Aufschnaiter, S. v. (2000). Kompliziert oder schwierig - kognitive Entwicklung beim Lösen von Aufgaben. In: H. Bayrhuber & U. Unterbruner (Hrsg.), Lehren und Lernen im Biologieunterricht. Innsbruck, Wien, München: Studien Verlag, 226-237.

Aufschnaiter, S. v., Aufschnaiter, C. v. & Schoster, A. (2000). Zur Dynamik von Bedeutungsentwicklungen unterschiedlicher Schüler(innen) bei der Bearbeitung derselben Physikaufgaben. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 6, 37-57.

Aufschnaiter, S. v. & Welzel, M. (1997). Wissensvermittlung durch Wissensentwicklung. Das Bremer Komplexitätsmodell zur quantitativen Beschreibung von Bedeutungsentwicklung und Lernen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3(2), 43-58.

Baumert et al. (1997). TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske + Budrich.

Baumert et al. (2001). PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.

Bolte, C. & Storck, H. (1996). Entwicklung und Einsatz von Erhebungsinstrumenten zur Analyse der Schüler-Lehrer-Interaktion im Chemieunterricht. Teil I: Konzeption und Erprobung eines standardisierten, kategorial geordneten Beobachtungsverfahrens und eines Lernklima-Befragungsinstrumentes. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 2(1), 21-38.

Csikszentmihalyi, M & Schiefele, U. (1993). Die Qualität des Erlebens und der Prozeß des Lernens. Zeitschrift für Pädagogik, 39(2), 207-221.

Damasio, A. R. (1997). Descartes' Irrtum. Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39(2), 223-238.

Ditton, H. (2002). Unterrichtsqualität – Konzeptionen, methodische Überlegungen und Perspektiven. Unterrichtswissenschaft, 30(3), 197-212.

Duit, R. & Treagust, D. F. (1998). Learning in Science – From Behaviorism Towards Social Constructivism and Beyond. In: B.J. Fraser & K.G. Tobin (Eds.), International Handbook of Science Education. Dordrecht: Kluwer, 3-25.

Einsiedler, W. (2002). Unterrichtsqualität. Themenheft der Unterrichtswissenschaft, 30(3).

Fend, H. (2000). Qualität und Qualitätssicherung im Bildungswesen. Wohlfahrtsstaatliche Modelle und Marktmodelle. In: A. Helmke, W. Hornstein & E. Terhart (Hrsg), Qualität und Qualitätssicherung im Bildungsbereich: Schule, Sozialpädagogik, Hochschule. Zeitschrift für Pädagogik, 41. Beiheft. Weinheim: Beltz, 55-72.

Fischer, H. E. (1989). Lernprozesse im Physikunterricht. Falluntersuchungen im Unterricht zur Elektrostatik aus konstruktivistischer Sicht. Dissertation am Fachbereich I (Physik/Elektrotechnik) der Universität Bremen.

Harvey, L. & Green, D. (2000). Qualität definieren. In: A. Helmke, W. Hornstein & E. Terhart (Hrsg), Qualität und Qualitätssicherung im Bildungsbereich: Schule, Sozialpädagogik, Hochschule. Zeitschrift für Pädagogik, 41. Beiheft. Weinheim: Beltz, 17-39.

Helmke, A. (2002). Kommentar: Unterrichtsqualität und Unterrichtsklima: Perspektiven und

Sackgassen. Unterrichtswissenschaft, 30(3), 261-277.

Helmke, A., Hornstein, W. & Terhart, E. (2000). Qualität und Qualitätssicherung im Bildungsbereich: Schule, Sozialpädagogik, Hochschule. Zeitschrift für Pädagogik, 41. Beiheft. Weinheim: Beltz.

Klieme, E. & Thußbas, C. (2001). Kontextbedingungen und Verständigungsprozesse im Geometrieunterricht: Eine Fallstudie. In: S. v. Aufschnaiter & M. Welzel (Hrsg.), Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lern-Prozessen. Aktuelle Methoden empirischer pädagogischer Forschung. Münster: Waxmann, 41-59.

Lewalter, D., Wild, K.-P. & Krapp, A. (2001). Interessenentwicklung in der beruflichen Ausbildung. In: K. Beck (Hrsg.). Lehren und Lernen in der beruflichen Erstausbildung. Opladen: Leske + Budrich, 11-35.

Marton, F. & Booth, S. (1997). Learning and Awareness. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

Oevermann, U., Allert, T., Konau, E. & Krambeck, J. (1979). Die Methodologie einer 'objektiven Hermeneutik' und ihre allgemeine forschungslogische Bedeutung in den Sozialwissenschaften. In: H.-G. Soeffner (Hrsg.), Interpretative Verfahren in den Sozial- und Textwissenschaften. Stuttgart: Metzler, 352-434.

Piaget, J. (1991). Meine Theorie der geistigen Entwicklung. Herausgegeben von Fatke, R. Frankfurt a. M.: Fischer.

Pöppel, E. (1997). Zeitlose Zeiten: Das Gehirn als paradoxe Zeitmaschine. In: H. Meier & D. Ploog (Hrsg.), Der Mensch und sein Gehirn. Die Folgen der Evolution. München: Piper, 67-98.

Powers, W. T. (1973). Behavior: The Control of Perception. Chicago: Aldine.

Prenzel, M. & Doll, J. (2002). Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Zeitschrift für Pädagogik, 45. Beiheft. Weinheim: Beltz.

Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Lehrke, M. & Seidel, T. (2001). Erhebungs- und Auswerteverfahren des DFG-Projekts „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – eine Videostudie". Kiel: IPN.

Renkl, A. & Prenzel, M. (2002). Die Bildungsqualität von Schule – ein Schwerpunktprogramm der DFG zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Themenheft der Unterrichtswissenschaft, 30(1).

Seidel, T., Prenzel, P., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Lehrke, M., Müller, C. & 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.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in Society. The development of Higher Psychological Processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Weinert, F. E. (1999). Bedingungen für mathematisch-naturwissenschaftliche Leistungen in der Schule und Möglichkeiten ihrer Verbesserung. In: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.). Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts. Stuttgart: MKJS Baden-Württemberg, 21-32.

Dr. Claudia von Aufschnaiter ist Juniorprofessorin für Didaktik der Physik an der Universität Hannover und befasst sich schwerpunktmäßig mit der videobasierten Analyse von Lehr-Lernprozessen in physikalischen Lernumgebungen.

Prof. Dr. Claudia v. Aufschnaiter
Universität Hannover
FB Erziehungswissenschaften
Zentrum für Didaktik der Natur- und Sozialwissenschaften
Didaktik der Physik
Bismarckstraße 2
30173 Hannover
Email: cvauf@cvauf.de