

ARI WIDODO UND REINDERS DUIT

Konstruktivistische Lehr-Lern-Sequenzen und die Praxis des Physikunterrichts

Zusammenfassung

In der Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften haben wir eine Studie publiziert, in der auf Video aufgezeichnete Physikunterrichtsstunden mit einem Kodiersystem KONU (Konstruktivistisch Orientierter Naturwissenschaftlicher Unterricht) analysiert wurden (Widodo & Duit, 2004). Dabei ging es u.a. darum, ob und wie an vorunterrichtliche Schülervorstellungen angeknüpft wird, ob affektive Aspekte beim Lernen berücksichtigt werden, kurz ob und wie lernförderliche Kontexte bereitgestellt werden, um die eigenständige Konstruktion des Wissens durch die Schülerinnen und Schüler nachhaltig zu unterstützen. Ergänzend haben wir mit einem zusätzlichen Kodiersystem die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Wissens ausgehend von den vorunterrichtlichen Vorstellungen unter die Lupe genommen. Dabei wird die Sequenzierung des Unterrichts aus der Perspektive von konstruktivistischen Lehr-Lern-Sequenzen, die in der Literatur zum Konzeptwechsel (conceptual change) eine wichtige Rolle spielen, untersucht. Es wird damit möglich, im Detail zu verfolgen, welche Lehr-Lern-Sequenzen im Unterricht zur Erarbeitung der physikalischen Sicht ablaufen. Die Untersuchungen führen zum Ergebnis, dass sich die in der Literatur zu konstruktivistischen Konzeptwechselansätzen vorgeschlagenen Lehr-Lern-Sequenzen in der Praxis der von uns aufgezeichneten Unterrichtsstunden nur in eingeschränktem Maße beobachten lassen.

Abstract

In the present journal we published an analysis of physics lessons documented on video by using a coding system COSC (Constructivist Oriented Science Classrooms). This instrument investigates constructivist characteristics in actual practice. Major characteristics are the way teachers address students' conceptions when developing physics concepts, whether students' interests, attitudes and needs are explicitly taken into account, in short whether a learning environment is provided that persistently supports students' construction processes. In order to allow a more fine-grained investigation of teachers' attempts to guide students from their pre-instructional conceptions to the physics concepts we have developed an additional coding system. The sequencing of instruction observed is analysed from the perspective of constructivist teaching and learning sequences which have played a significant role in conceptual change approaches. Employing this system reveals that actual practice of the video documented lessons meets the steps as proposed by the constructivist sequences in the literature only to a certain extent.

1 Konstruktivistische Lehr-Lern-Sequenzen

1.1 Konzeptwechselansätze

Zu konstruktivistischen Sichtweisen vom Lehren und Lernen der Naturwissenschaften haben wir in einem bereits erschienenen Beitrag in der vorliegenden Zeitschrift eine Übersicht gegeben (Widodo & Duit, 2004). Kurz zusammengefasst, fokussieren konstruktivistische Ansätze darauf, dass die Lernenden sich ihr Wissen auf der Grundlage der bereits vorhandenen „Vorstel-

lungen“ selbst konstruieren müssen. Die sorgfältige Berücksichtigung dieser vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler und die Planung von Lernwegen, die ausgehend von den vorunterrichtlichen Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Begriffen führen, stehen im Mittelpunkt von konstruktivistischen Konzeptwechselansätzen (Duit & Treagust, 2003). Es findet sich in der Literatur eine Reihe von Vorschlägen für Lehr-Lern-Sequenzen, die Konzeptwechsel (conceptual change) erlauben (siehe Tabelle 1).

Zum Terminus Konzeptwechsel (conceptual change) sei angemerkt, dass er für Lernprozesse in Bereichen steht, in denen die vorunterrichtlichen und die zu lernenden wissenschaftlichen Vorstellungen in gänzlich unterschiedliche Rahmenvorstellungen eingebettet sind (Vosniadou, 1994; Duit, 1999, 2000; Duit & Treagust, 2003). Dies ist beim Lernen der Naturwissenschaften für die wichtigsten Begriffe und Prinzipien der Fall. Wechsel bedeutet dabei nicht, dass die bisherigen Vorstellungen völlig aufgegeben und durch die neuen wissenschaftlichen Vorstellungen ersetzt würden. Es hat sich in unzähligen empirischen Untersuchungen gezeigt, dass dies nicht möglich ist. Meist kommen die Schülerinnen nur einen kleinen Schritt in Richtung auf die wissenschaftlichen Vorstellungen voran, in der Regel bilden sich „Hybridvorstellungen“, es werden also Aspekte der alten und der neuen Vorstellungen miteinander verbunden. Ziel des Unterrichts kann es also nur sein, die Schülerinnen und Schüler davon zu überzeugen, dass in bestimmten Situationen die wissenschaftlichen Vorstellungen angemessener und fruchtbarer sind als ihre bisherigen Vorstellungen (Jung, 1986).

Wenn von Konzeptwechsel die Rede ist, steht in der Regel die Entwicklung der Schülervorstellungen zu den naturwissenschaftlichen Phänomen, Begriffen und Prinzipien im Mittelpunkt. Allerdings spielen Konzeptwechsel auf verschiedenen Ebenen ebenfalls eine wichtige Rolle, sie sind mit denen auf der genannten Ebene in der Regel eng verbunden. Es wird z.B. argumentiert, dass naturwissenschaftliche Begriffe und Prinzipien nur angemessen verstanden werden können, wenn auch adäquate Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und zum Stellenwert der Naturwissenschaften (nature of science; McComas, 1998) entwickelt werden. Konzeptwechsel auf einer weiteren Ebene kommen hinzu. Die für das Erlernen des Neuen aus konstruktivistischer Sicht notwendige selbständige und aktive Auseinandersetzung mit den bereitgestellten Lernangeboten ist nur auf der Basis einer angemessenen Vorstellung über das eigene Lernen möglich.

Es lassen sich grundsätzlich zwei Arten des Konzeptwechsels unterscheiden – solche, bei denen kontinuierlich, Schritt für Schritt vorgehend, von den vorunterrichtlichen Vorstellungen ausgehend zu den wissenschaftlichen Vorstellungen geleitet wird, und solche, die auf kognitive Konflikte, auf plötzliche Einsichten, setzen. Wir haben diese beiden Arten in unserer Arbeit zu Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen in der Praxis des Physikunterrichts „evolutionär“ und „revolutionär“ (Widodo & Duit, 2004) genannt. Evolutionäre Ansätze greifen in der Regel auf Ideen zurück, die in Ansätzen des „cognitive apprenticeship“ (Collins, Brown & Newman, 1989) vertreten werden, bei denen Lernen der Naturwissenschaften als Einleben in eine neue Kultur bzw. als Erlernen einer neuen Sprache gesehen wird. Revolutionäre Ansätze berufen sich häufig auf Ideen von Piaget (Lawson, Abraham & Renner, 1989).

Bei evolutionären Ansätzen werden Erfahrungen als Ausgangspunkt gewählt, deren Alltagsverständnis nicht oder möglichst wenig mit der wissenschaftlichen Sicht kollidiert. Von dort ausgehend wird die wissenschaftliche Sichtweise auf „bruchlosem“ Weg entwickelt. Jung (1986) hat eine interessante Variante dieser Ansätze vorgeschlagen, die er „Umdeuten“ nennt (vgl. Grayson, 1996). Im Alltag hat z.B. Strom in der Regel die Bedeutung von elektrischer Energie. Hier wird den Schülerinnen und Schülern erklärt, dass sie mit Strom schon etwas Richtiges meinen, dass dies aber in der Physik mit einem anderen Wort, nämlich Energie, bezeichnet wird. Darauf aufbauend wird dann an der weiteren Differenzierung der Begriffe Strom und Energie gearbeitet.

Vosniadou und Ioannides (1998) sind der Auffassung, dass die Konzeptwechselansätze der 1980er und frühen 1990er Jahre zu sehr auf den kognitiven Konflikt setzen. Sie sehen Lernen als „gradual process during which initial conceptual structures based on children's interpretations of everyday experience are continuously enriched and restructured“ (p. 1213). In anderen Worten, sie sprechen sich für evolutionäre Strategien aus, in denen allerdings kognitive Konflikte punktuell eine Rolle spielen können.

1.2 Übersicht zu konstruktivistischen Lehr-Lern-Sequenzen

	A Orientation	B Exploring student ideas	C Restructuring	D Applying	E Reviewing and Evaluating
Generative learning (Cosgrove & Osborne, 1985)	1. Preliminary	2. Focus	3. Challenge	4. Application	
Learning cycle (Lawson, 1989)		1. Exploration	2. Term introduction	3. Concept application	
Constructivist teaching sequence (Driver, 1989)	1. Orientation	2. Elicitation of ideas	3. Restructuring: a. Clarification b. Exposure to conflict c. Evaluation of ideas d. Construction of new ideas e. Evaluation	4. Application of ideas	5. Review of change in ideas
Teaching for conceptual development (Hodson, 1993)		1. Making children's own ideas explicit	2. Exploring the implications of those ideas 3. Matching and testing ideas against experience 4. Criticising the ideas of others	5. Using ideas to explain observations 6. Applying theoretical ideas 7. Modifying ideas 8. Making predictions 9. Introduction of experiences 10. Generating new conceptions 11. Introduction official explanations	12. Testing all alternatives (repeating steps 1–8)
Contact strategy (Biemans & Simons, 1999)		1. Searching for one's own preconceptions	2. Comparing and contrasting preconceptions with new information 3. Formulating new conceptions	4. Applying the new conceptions	5. Evaluating the new conceptions
Instruction model (Nunez-Oviedo et al., 2002)	1. Introduction	2. Detecting students' ideas	3. Building on students' ideas 4. Comparing the students' and the scientific ideas		5. Adjusting the students' model

Tabelle 1: Vorschläge für konstruktivistische Lehr-Lern-Sequenzen

Bei den in Tabelle 1 aufgeführten Arbeiten finden sich die vorstehend diskutierten unterschiedlichen Arten des Konzeptwechsels. Alle machen Vorschläge, wie Konzeptwechselprozesse durch eine bestimmte Abfolge von Phasen erfolgreich geleitet werden können. Die Feinheit der Unterteilung ist verschieden, in der Grobstruktur aber zeigen sich große Übereinstimmungen. Die vorgeschlagenen Schritte lassen sich deshalb ohne Schwierigkeiten den fünf Phasen zuordnen, die in der ersten Zeile von Tabelle 1 zu finden sind. Zu den einzelnen Arbeiten sei folgendes angemerkt:

Die von Cosgrove und Osborne (1985) vorgeschlagenen Schritte in der zweiten Zeile von Tabelle 1 basieren auf dem Modell des „generative learning“ von Osborne und Wittrock (1983), das die Arbeit der einflussreichen Arbeitsgruppe in Hamilton (Neuseeland) in den 1980er Jahren stark bestimmt hat. Bemerkenswert ist, dass bei der Beschreibung und Begründung der Schritte affektive Aspekte, wie die Motivation, ausdrücklich eine wichtige Rolle spielen. Das ist bei den anderen Vorschlägen nicht der Fall. Die Bezeichnung des dritten Schrittes mit „challenge“ scheint darauf hin zu deuten, dass kognitive Konflikte im Mittelpunkt stehen. Dieser Terminus ist aber im Rahmen von „generative learning“ im Sinne einer evolutionären Entwicklung zu verstehen.

Der Ansatz des „learning cycle“ ist aufbauend auf Ideen von Piaget entwickelt worden (Lawson, 1989; Lawson, et al., 1989). Tytler (2002) hat ihn als „religion“ in den USA bezeichnet. Im Zentrum steht – entsprechend der Orientierung an Piaget – der kognitive Konflikt.

Ähnlich weit verbreitet sind die Schritte des „constructivist teaching sequence“ von Driver (1989). Der Vorschlag von Hodson (1993) orientiert sich an diesem Vorbild, entwickelt aber detailliertere Unterteilungen, vor allem zur Anwendung des erworbenen Wissens. Bei Driver spielt der kognitive Konflikt eine wichtige Rolle, wird aber nicht als alleinige Möglichkeit gesehen, die Schülerinnen und Schüler von ihren Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Begriffen zu leiten. Hodson setzt eher auf evolutionäre Strategien.

Die „contact strategy“ (Biemans et al., 2001; Biemann & Siemons, 1999) wurde für computerunterstütztes Lernen entwickelt und orientiert sich an den Schritten, die Driver (1989) vorgeschlagen hat. Wie bei ihr spielt der kognitive Konflikt eine wichtige Rolle. Beim Vorschlag von Nunez-Oviedo, Clement und Rea-Ramirez (2002) haben wir es mit einer Strategie zu tun, bei der evolutionäre und revolutionäre Aspekte aufeinander abgestimmt sind.

Kurz zusammengefasst folgen die in Tabelle 1 vorgestellten konstruktivistischen Lehr-Lern-Sequenzen dem folgenden Muster: Am Anfang steht eine Phase, in der die Lernenden mit dem Lerngegenstand vorläufig vertraut gemacht werden. Dabei spielt eine besonders wichtige Rolle, eigene Erfahrungen mit den Phänomenen zu machen. Es folgt dann eine Diskussion über die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler. Sie werden auf ihre Vorstellungen aufmerksam gemacht, sie erkennen, dass man über die Sache offenbar ganz unterschiedlicher Meinung sein kann und dass nicht alle Mitschülerinnen und Mitschüler die gleichen Vorstellungen haben. Wir haben in unserem Beitrag zu konstruktivistischen Sichtweisen vom Lehren und Lernen im Physikunterricht (Widodo & Duit, 2004) darauf aufmerksam gemacht, dass auch die Meinung vertreten wird, es sei nicht günstig, die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler ausdrücklich zu diskutieren (Wiesner, 1995). Dies wird damit begründet, dass es schwierig ist, die sehr unterschiedlichen Vorstellungen der Schüler mit vertretbarem Zeitaufwand ausreichend zu klären. Es wird deshalb versucht, diese Vorstellungen zunächst zu „umgehen“, indem an Erfahrungen angeknüpft wird, von denen aus ein kontinuierlicher Lernweg zu den wissenschaftlichen Einsichten führt. In der in Tabelle 1 aufgelisteten englischsprachigen „mainstream“ Literatur wird dieser Gesichtspunkt nicht genannt. Dort schließt sich an die Untersuchung und Klärung der Schülervorstellungen eine Phase an, in der die wissenschaftliche Sicht von der Lehrkraft (bzw. durch das Lehrbuch oder ein Computerprogramm) eingebracht und ihr Nutzen diskutiert wird. Die meisten Ansätze setzen – zumindest zum

Teil – auf Konfrontationsstrategien, arbeiten also mit kognitiven Konflikten. Bei anderen Ansätzen spielen evolutionäre und revolutionäre Aspekte eine gleichgewichtige Rolle. Anwendungen schließen sich an, um das Erreichte zu festigen und zu erweitern. Wichtig ist dann ein Rückblick auf die durchlaufenden Lernprozesse.

Selbstverständlich erlauben solche Phasenmodelle lediglich die Grobstruktur des Unterrichts zu planen. Aspekte der einzelnen Phasen werden in der Mikrostruktur des Unterrichtsablaufs immer wieder durchlaufen. Von den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler z.B. wird immer wieder die Rede sein müssen. Bewerten und Überprüfen der neuen Ideen, also Aspekte der abschließenden Phase, spielen auch in der Phase der Erarbeitung des Neuen eine wichtige Rolle.

1.3 Ein konstruktivistisches Referenzmodell für Lehr-Lern-Sequenzen

Für die Untersuchung von Lehr-Lern-Sequenzen in der Praxis wird ein „Referenzmodell“ verwendet, das den Stand der referierten englischsprachigen Literatur zusammenfasst, also die wichtigsten Aspekte der verschiedenen in Tabelle 1 aufgeführten Strategien berücksichtigt. Wir unterscheiden die in der ersten Zeile von Tabelle 1 genannten fünf Phasen (hier in deutscher Übersetzung):

- (1) Orientierung
- (2) Erkunden der Schülervorstellungen
- (3) Umstrukturieren der Schülervorstellungen
- (4) Anwenden der neuen Vorstellungen
- (5) Überprüfen und Bewerten der neuen Vorstellungen

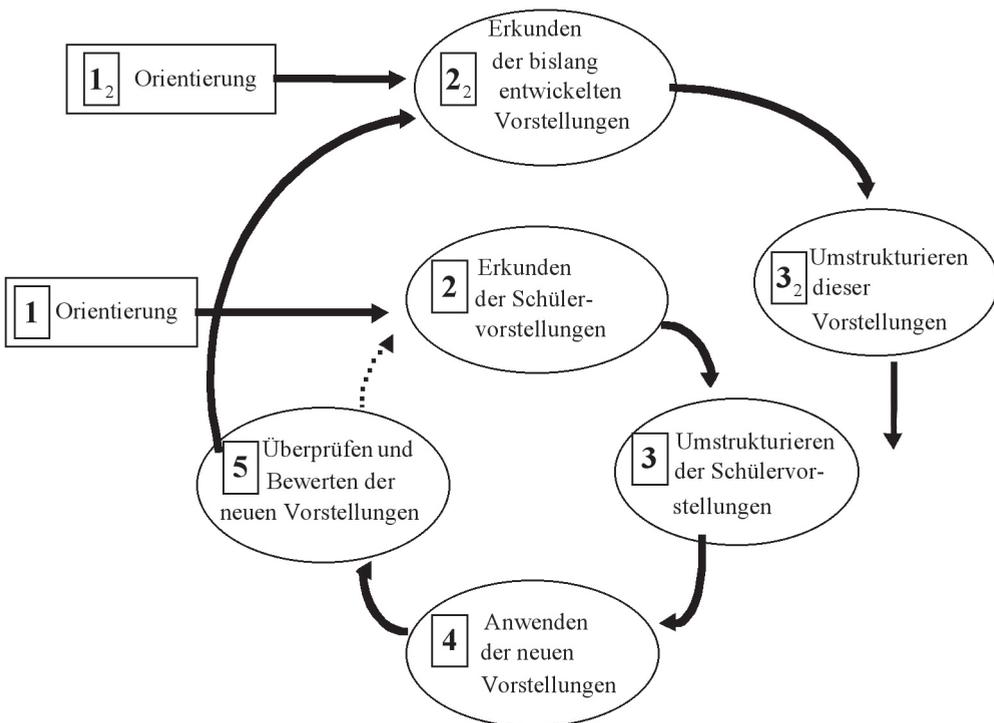


Abbildung 1: Ein Modell zum Verlauf konstruktivistischer Lehr-Lern-Sequenzen

Das Diagramm in Abbildung 1 illustriert den Verlauf der einzelnen Phasen. Da diese Phasen in der Regel mehrfach durchlaufen werden, ergibt sich ein spiralförmiger Prozessverlauf. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass auch innerhalb der Phasen Aspekte der anderen Phasen zum Tragen kommen können. Dies ist vor allem bei der Phase 2 zu erwarten. Es wird also – gewissermaßen auf der Mikroebene der Phasenstruktur – auch kleine, vollständige oder unvollständige Zyklen innerhalb der Phasen geben. Das Diagramm eignet sich in diesem Sinne, sowohl die Grobstruktur des Unterrichtsablaufs (d.h. die Gliederung in Unterrichtsphasen) als auch die Feinstruktur zu erfassen.

2 Entwicklung eines Kategoriensystems zur Kodierung von Lehr-Lern-Sequenzen

Es ist Ziel der hier vorgestellten Untersuchung die Sequenzierung von videodokumentierten Physikunterrichtsstunden aus der Perspektive von konstruktivistischen Lehr-Lern-Sequenzen zu untersuchen. Das hierfür entwickelte Kategoriensystem basiert auf den fünf Phasen konstruktivistischer Lehr-Lern-Sequenzen in Abbildung 1. Im folgenden erläutern wir diese Kategorien genauer. Der Wortlaut der Kodieranweisungen findet sich (in englischer Sprache) im Anhang von Widodo (2004)¹.

(1) Orientierung

In dieser Phase werden die Schülerinnen und Schüler mit dem Lerngegenstand vertraut gemacht, um sie auf das Thema einzustimmen und Lernbereitschaft sowie Interesse zu wecken. Dies kann bedeuten: Die Lehrkraft erläutert die Bedeutung des neu zu Lernenden in Bezug auf das bisher Gelernte, sie erklärt, was von den Schülerinnen und Schülern verlangt wird, es wird ein Experiment vorge-

führt und es wird ihnen erlaubt, eigene Erfahrungen mit Phänomenen zu machen.²

(2) Erkunden der Schülervorstellungen

Schülerinnen und Schüler bringen aus ihren Alltagserfahrungen und aus dem vorangegangenen Unterricht vielfältige Vorstellungen mit, die mit den zu lernenden physikalischen Vorstellungen in der Regel nicht übereinstimmen. Aus konstruktivistischer Sicht muss die Lehrkraft mit diesen Vorstellungen vertraut sein, um die Schüler anknüpfend an diese Vorstellungen zur physikalischen Sicht führen zu können. Die Erkundung der Vorstellungen bietet den Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit, sich ihrer Vorstellungen bewusst zu werden und zu erfahren, dass Mitschülerinnen und Mitschüler ggf. andere Vorstellungen zur gleichen Sache haben können. Mögliche Unterrichtsaktivitäten sind: Die Lehrkraft bittet die Schüler, zu erläutern, wie sie das in Rede stehende Thema verstehen, was sie bereits darüber wissen, oder führt Experimente vor und bittet um Deutungen. Die Erkundung kann auch im Rahmen eines Brainstorming geschehen.³

(3) Umstrukturieren der Schülervorstellungen

Dies ist die „zentrale“ Phase von Konzeptwechselstrategien, denn hier geht es um die Entwicklung der physikalischen Sicht ausgehend von den Vorstellungen, die Schülerinnen und Schüler mitbringen. Die „klassische“ Theorie des conceptual change von Posner et al. (1982) betont, dass am Anfang dieser Phase dafür zu sorgen ist, dass die Schüler mit ihren Vorstellungen nicht mehr völlig zufrieden sind. Nur so sei eine Bereitschaft zu Veränderungen möglich. Die oben zusammengefasste Literatur bietet ein breites Spektrum von Möglichkeiten an, wie diese Phase im einzelnen gestaltet wird. Einige Möglichkeiten sind: (a) Die Lehrkraft bittet die Schülerinnen und Schüler über

¹ Das Kategoriensystem kann beim zweiten Autor dieses Beitrags angefordert werden (duit@ipn.uni-kiel.de).

² Diese Phase ist der Kategorie A-1 „Schülern ihren Lernstatus im gesamten Thema bewusst zu machen“ im Kodiersystem KONU ähnlich, das im Beitrag von Widodo und Duit (2004) vorgestellt wird.

³ Diese Phase ist der Kategorie A-2 „Exploration des Vorwissens“ im Kodiersystem KONU ähnlich. Hier geht es allerdings nicht um generelle Erkundungen, sondern um die Erkundung der Vorstellungen, auf die beim gerade in Rede stehenden Thema bzw. Teilthema aufgebaut werden kann.

Alternativen zu ihren Vorstellungen nachzudenken; (b) es werden Experimente durchgeführt bzw. von den Schülerinnen und Schülern durchgeführt und sie werden aufgefordert zu prüfen, ob ihre Vorstellungen mit dem, was zu beobachten ist, vereinbar sind; (c) die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, ihre Vorstellungen mit denen in anderen Quellen zu vergleichen und Gemeinsamkeiten und Unterschiede aufzuspüren; (d) sie werden ermutigt, ihre Vorstellungen auf der Basis neuer Informationen neu zu formulieren; (e) die Lehrkraft konfrontiert die Schüler mit Widersprüchen; (f) sie stellt eine Analogie vor.⁴

(4) Anwenden der neuen Vorstellungen

Um die erworbenen neuen Vorstellungen zu festigen und weiter zu entwickeln, ist es nötig, sie in vielfältigen Situationen anzuwenden. Um solche Anwendungen geht es bei dieser Kategorie.⁵

(5) Überprüfen und Bewerten der neuen Vorstellungen

Auch diese Phase dient der Festigung und weiteren Ausschärfung der neu erworbenen Vorstellungen. Es schließt sich hier der Kreis der ersten Runde der Lehr-Lern-Sequenz (Abb. 1), die mit einer „Vorschau“ begann und mit einer kritischen „Rückschau“ endet und ggf. mit einer weiteren Spirale fortgeführt wird. Sie dient dazu, dass die Schülerinnen und Schüler sich ihres Lernens bewusst werden und dabei ggf. bemerken, dass es noch Unstimmigkeiten gibt. Kennzeichen dieser Phase können sein: (a) Die Lehrkraft gibt eine Rückschau, von welchen Vorstellungen die Schülerinnen und Schüler ausgegangen sind und welche sie jetzt haben sollten; (b) sie werden aufgefordert, die „Fruchtbarkeit“ ihrer bisherigen mit ihren neuen Vorstellungen zur Erklärung von Phänomenen zu vergleichen.

3 Ziele und Methoden der Untersuchung

Die hier vorgestellte Studie zu konstruktivistischen Lehr-Lern-Sequenzen ist wie die bereits publizierte Untersuchung zu konstruktivistisch orientierten Lernumgebungen in der Praxis des Physikunterrichts Teil der Videostudie Physik des IPN. Da Widodo und Duit (2004) das Design der Videostudie ausführlich vorgestellt haben, ist hier nur eine kurze Zusammenfassung nötig.

Die Studie zu konstruktivistischen Lehr-Lern-Sequenzen bezieht sich auf die Daten der ersten Phase der Videostudie (2000–2002), auf Videos aus 13 Klassen (7. und 8. Schuljahr) in zwei Bundesländern. Aufgezeichnet wurden zwei je 3-stündige Sequenzen zur Einführung in die Themen Elektrischer Stromkreis und Kraftbegriff. Diese Videos wurden unter Anwendung des vorstehend skizzierten Kodiersystems mit Hilfe des Programms „Videograph“ (Rimmele, 2002) analysiert.

Ziel dieser Analysen ist es, die Ergebnisse, die auf der Basis des Kodiersystems KONU (Konstruktivistisch orientierter naturwissenschaftlicher Unterricht) gewonnen worden sind, zu ergänzen. KONU erlaubt es zu untersuchen, inwieweit die Kennzeichen der Lernumgebungen denen entsprechen, die aus konstruktivistischer Sicht lernfördernd sind. Das ergänzende Kodiersystem nimmt den Ablauf der Lehr-Lern-Prozesse in den Blick. Es dient dazu, die Verbindung der einzelnen Phasen der Lehr-Lern-Prozesse aus der Perspektive von Konzeptwechselansätzen zu analysieren. Es weitet gewissermaßen den Blick vom Fokus auf Bedingungen der Lernumgebung zu bestimmten Zeitpunkten auf Kennzeichen des Prozesses, insbesondere auf „lernförderliche“ Abläufe.

Wie beim Kodiersystem KONU wurde auch beim System zu konstruktivistischen Lehr-Lern-Sequenzen eine zeitbasierte Kodierung verwendet. Es wurde wiederum alle 10 Sekunden entschieden, in welche der fünf Phasen das beobachtete Unterrichtsgeschehen eingeordnet

⁴ Es gibt damit Überschneidungen mit den Kategorien A-5 und A-6 „Mit Schülervorstellungen umgehen“ des Systems KONU.

⁵ Hier gibt es Gemeinsamkeiten mit den Kategorien B-3, B-4 und B-5 von KONU.

werden kann. Die Untersuchung der Übereinstimmung zweier Kodierer (der Erstautor und eine studentische Hilfskraft) führten zu Werten (kappa scores) zwischen .90 und .96. Alle Videos wurden anschließend von der studentischen Hilfskraft kodiert.

4 Ergebnisse

4.1 Häufigkeit der Phasen

Zunächst untersuchen wir, wie häufig die einzelnen Phasen im Mittel beobachtet werden (Abbildung 2). Rund 50% der Unterrichtszeit aller 13 Lehrkräfte in allen aufgezeichneten Stunden lassen sich den 5 Phasen konstruktivistischer Lern-Lern-Sequenzen zuordnen. Die zentrale Phase 3 der Erarbeitung der physikalischen Sicht wird erwartungsgemäß am häufigsten beobachtet. Bemerkenswert ist allerdings, dass der Erkundung und Anwendung (Phasen 2 und 4) ebenfalls recht viel Zeit gewidmet wird. Gravierende Unterschiede zwischen den Unterrichtsstunden zu den beiden Themen Stromkreis und Kraft gibt es nicht. Auffällig ist lediglich, dass beim Thema Kraft deutlich mehr Zeit für die „Rückschau“ auf den Lernprozess beobachtet wird und dass dort auch die Umstrukturierungsphase deutlich länger ist. Dies ließe sich mit der besonderen Schwierigkeit des Themas Kraft hin-

vistischer Lern-Lern-Sequenzen zuordnen. Die zentrale Phase 3 der Erarbeitung der physikalischen Sicht wird erwartungsgemäß am häufigsten beobachtet. Bemerkenswert ist allerdings, dass der Erkundung und Anwendung (Phasen 2 und 4) ebenfalls recht viel Zeit gewidmet wird. Gravierende Unterschiede zwischen den Unterrichtsstunden zu den beiden Themen Stromkreis und Kraft gibt es nicht. Auffällig ist lediglich, dass beim Thema Kraft deutlich mehr Zeit für die „Rückschau“ auf den Lernprozess beobachtet wird und dass dort auch die Umstrukturierungsphase deutlich länger ist. Dies ließe sich mit der besonderen Schwierigkeit des Themas Kraft hin-

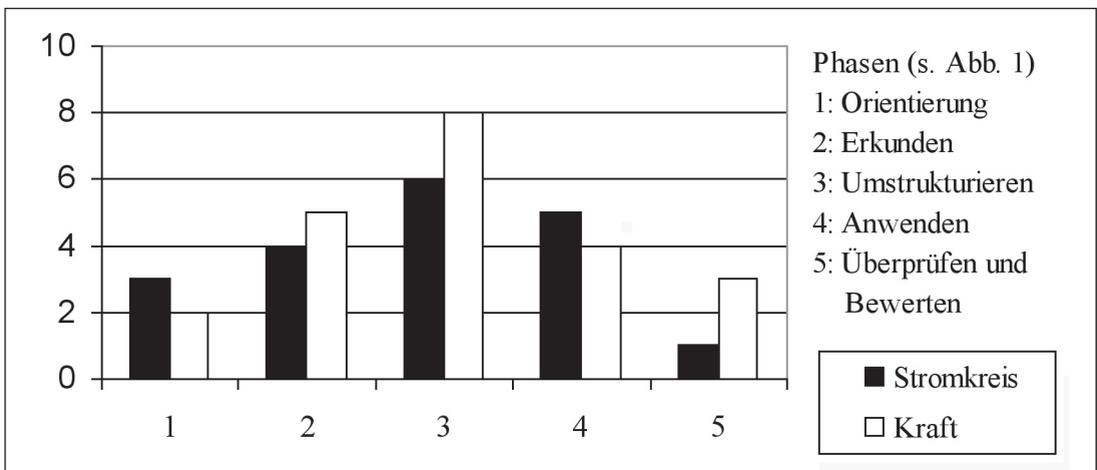


Abb. 2: Mittlere Häufigkeit der fünf Phasen konstruktivistischer Lehr-Lern-Sequenzen

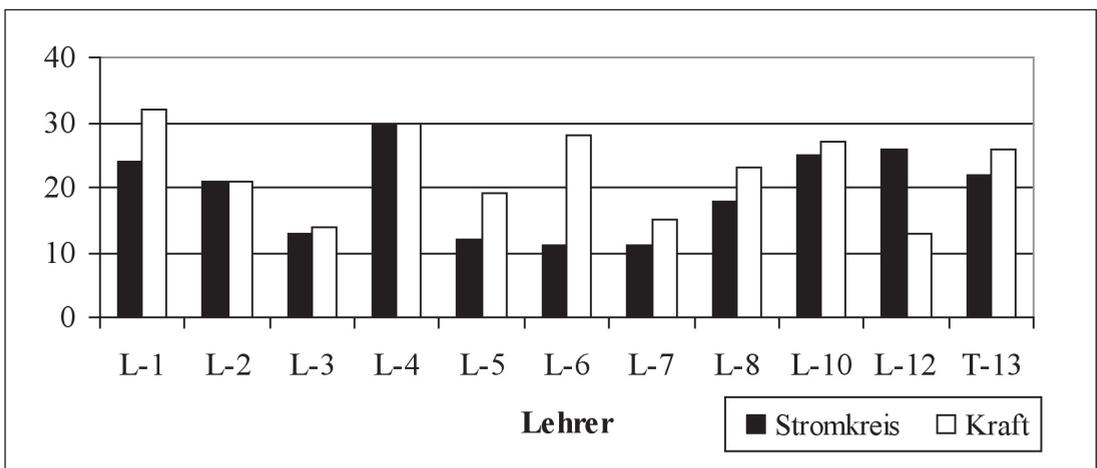


Abb. 3: Mittlere Häufigkeit der Summe aller fünf Phasen für die 13 Lehrkräfte

sichtlich der Begriffsbildung auf der Basis von „alternativen“ Schülervorstellungen erklären (Schecker, 1985).

Sieht man sich die Ergebnisse getrennt für die Unterrichtsstunden der 13 teilnehmenden Lehrkräfte an (Abb. 3), so erkennt man große Unterschiede zwischen ihnen. Im Mittel lässt sich, wie erwähnt, rund 50% der Unterrichtszeit den fünf Phasen zuordnen. Bei L-1 und L-4 sind es rund 70%, bei L-3 und L-7 etwa 30%. Zu den Unterrichtsaktivitäten, die nicht mindestens von einer der fünf Phasen erfasst werden, zählen organisatorische Bemerkungen der Lehrkraft, Maßnahmen zur Erhaltung der Disziplin in der Klasse, Ausführungen der Lehrkraft zu Aspekten, die nicht unmittelbar mit dem behandelten Thema zu tun haben, und Phasen, in denen die Schülerinnen und Schüler aufschreiben, was an die Tafel geschrieben oder diktiert worden ist.

Hinsichtlich der beiden Themen gibt es über die in Abb. 2 bereits sichtbar gewordenen nur bei zwei Lehrkräften L-6 und L-12 gravierende Differenzen. Interessant ist, dass es eine signifikante Korrelation ($r=.64$) zwischen den in Abb. 3 aufgetragenen Unterrichtszeiten und der Entwicklung der Leistung der Schülerinnen und Schüler über das Schuljahr, in dem die Aufzeichnung stattfand, gibt (zur Erfassung der Entwicklung der Leistung s. Widodo & Duit, 2004). Da die Stichprobe der 13 Lehrkräfte recht klein ist und es sich um Lehrkräfte aus Schulen des SINUS Programms handelt, muss dieses Ergebnis als vorläufig angesehen werden. Der hier berichtete Zusammenhang darf lediglich als Hinweis angesehen werden, dass ein Unterricht, der sich stärker als anderer durch Phasen beschreiben lässt, die an konstruktivistischen Ideen orientiert sind, effektiver ist.

4.2 Lehr-Lern-Sequenzen

Aussagekräftiger als die vorstehend dargestellten Ergebnisse zur Häufigkeit des Auftretens der fünf Phasen konstruktivistischer Lehr-Lern-Sequenzen sind Analysen zur Phasenstruktur des Unterrichts, die mit dem beschriebenen Kodiersystem möglich sind.

Von allen aufgezeichneten Unterrichtsstunden wurden Diagramme erstellt, aus denen entnommen werden kann, wie lange eine Phase beobachtet werden konnte und wie sich die Phasen im Verlaufe des Unterrichts abwechseln. Die Diagramme von zwei Lehrern zur einführenden Unterrichtsstunde in den elektrischen Strom findet sich in Abbildung 4. In Tab. 2 sind wichtige Unterschiede zusammengefasst worden. Unter „Ablauf der Phasen“ ist dort versucht worden, den wesentlichen Ablauf darzustellen. Die Hervorhebung der Phase 2 (in Tabelle 2) bei Lehrer 1 bedeutet, dass diese Phase eine besondere Bedeutung hatte. Zu beachten ist, dass die Analyseinheit 10 Sekunden ist (s.o.) und dass das Kodiersystem eine eindeutige Zuordnung vorschreibt. Es kann also nicht vorkommen, dass zur gleichen Zeit zwei Phasen kodiert werden.

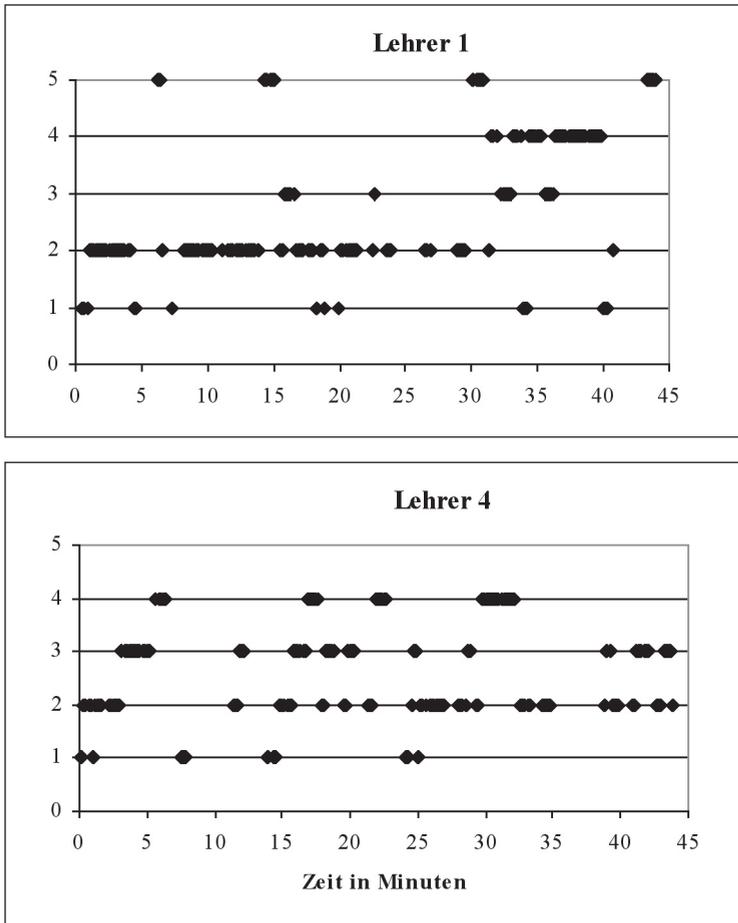
Es fällt auf, dass bei Lehrer 1 mehrfach die Phase 5 „Überprüfen und Bewerten der neuen Vorstellungen“ kodiert worden ist, bei Lehrer 4 gibt es solche Phasen der „Rückschau“ überhaupt nicht. Weiterhin ist bei Lehrer 1 im wesentlichen ein vollständiger Zyklus zu entdecken. Zunächst dominiert die Phase 2 (Erkunden der Vorstellungen), mit gelegentlicher erneuter Orientierung und Rückschau. Erstaunlich kurze Phasen des Erarbeitens der physikalischen Sicht sind in der ersten Hälfte der Stunde in die Erkundung eingebettet, später eng verbunden mit Anwendungen. Bei Lehrer 4 haben wir ein ganz anderes Bild. Hier gibt es offenbar mehrere Zyklen. Wie viele es sind, lässt sich aus dem Diagramm allein nicht entscheiden. Wird der fachliche Inhalt berücksichtigt, lassen sich drei Durchgänge unterscheiden. Deutlich sichtbar ist auch, dass die Erarbeitungsphasen länger sind als bei Lehrer 1 und Anwendungen von Beginn an eine Rolle spielen.

Ein Blick in die Sachstruktur der beiden Einführungen in den elektrischen Stromkreis (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6 im Anhang) offenbart große Unterschiede. Das betrifft zum einen die Menge des durchgenommenen „Stoffs“. Bei Lehrer 1 geht es schwerpunktmäßig darum, die Idee des Stromflusses im geschlossenen Kreis (Block 8 des Diagramms in Abbildung 5) zu

erarbeiten. Zunächst wird im fragend-entwickelnden Verfahren erkundet, welches Vorwissen zum Thema Stromkreis die Schülerinnen und Schüler aus dem Alltag mitbringen. Viel Zeit wird für einen Demonstrationsversuch durch einen Schüler (Aufbau eines Stromkreises mit Batterie, Lämpchen und Schalter) aufgewendet. Zwischenergebnisse werden vom Lehrer an die Tafel geschrieben und von den Schülerinnen und Schülern ins Heft übernommen. Es geht dem Lehrer offenbar darum, die Grundlagen sorgfältig herauszuarbeiten. Dies zeigt sich im Schwerpunkt auf Phasen des Erkundens mit erneuten Orientierungen und Rückschauen. Bei Lehrer 4 (Abb. 6) sieht es ganz anders aus. Die Idee des Stromkreises ist nach wenigen Minuten erarbeitet, die

Schalt symbole sind eingeführt. Anwendungen (Stromfluss bei Gebrauchsgegenständen; Block 9 in Abbildung 6) spielen eine wichtige Rolle. Begriffe, die von Lehrer 4 zusätzlich erarbeitet werden, sind: Kurzschluss, Sicherung, Leiter/Nichtleiter (einschließlich des Hinweises, dass sich in Leitungswasser Ladungsträger befinden).

Kurz zusammengefasst, spannt sich bei Lehrer 1 ein Bogen durch die gesamte Stunde, der Schwerpunkt liegt darauf, die Idee des geschlossenen Stromkreises zu verankern. Über die gesamte Stunde verteilt gibt es Phasen der Orientierung, also des Bekanntmachens mit den in Rede stehenden Phänomenen und Phasen der Rückschau. Bei Lehrer 4 gibt es diesen langen Atem nicht, es werden viele durchaus



- Phasen:**
- 1: Orientierung
 - 2: Erkunden
 - 3: Umstrukturieren
 - 4: Anwenden
 - 5: Überprüfen und Bewerten

Abb. 4: Lehr-Lern-Sequenzen der Stunden zweier Lehrkräfte zur Einführung in den Stromkreis

	Länge der Phasen (in Minuten)					Ablauf der Phasen	Zahl der Zyklen
	1	2	3	4	5		
L 1	3	14	3	6	3	1-2-1-2-3-4-5	1
L 4	2	12	6	6	0	1-2-3-4//1-2-3-4//1-2-3-	3

Tab. 2: Vergleich der Phasen für die einführende Stunde zum Stromkreis der Lehrer 1 und 4

anspruchsvolle Begriffe in kurzer Zeit „durchgenommen“. Eine kritische Rückschau, die eine Verbindung der Begriffe erlauben würde, gibt es nicht.

Für alle Unterrichtsstunden liegen die in Abb. 4 vorgestellten Diagramme sowie Analysen, wie sie in Tab. 2 zusammengefasst sind, vor. Es zeigt sich, dass nur etwa 20% aller in den Unterrichtsstunden der 13 Lehrkräfte identifizierten Sequenzen der Reihenfolge konstruktivistischer Lehr-Lern-Sequenzen völlig entsprach. Allerdings kann dies auch nicht erwartet werden, da – wie oben erwähnt – innerhalb einer Phase auch Aspekte anderer Phasen integriert sein können. Der Anteil der Sequenzen, in denen – mit gewissen Zwischenausflügen zu anderen Phasen – ein vollständiger Zyklus aller fünf Phasen beobachtet werden kann, liegt bei rund 60%. Auffällig ist dabei, dass in rund 25% auf die aus konstruktivistischer Sicht so wichtige Rückschau (Überprüfen und Bewerten der neuen Vorstellungen) verzichtet wird, in rund 20% auf die Anwendung des neu Erlernten.

5 Diskussion der Ergebnisse

Im vorliegenden Beitrag beschreiben wir die Entwicklung eines Kodiersystems zur Identifizierung konstruktivistischer Lehr-Lern-Sequenzen im Physikunterricht und einen ersten Versuch, es zur Analyse der Phasenstruktur von Physikunterricht einzusetzen. Das Kodiersystem hat sich als zuverlässiges Instrument erwiesen, das mit relativ einfachen Mitteln (es sind nur fünf Kategorien zu kodieren) wichtige Einsichten in die Binnenstruktur der Sequenzierung von Unterricht gibt.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass in der Praxis der von uns aufgezeichneten Unterrichtsstunden rund 50% der Unterrichtszeit mit den fünf Phasen konstruktivistischer Lehr-Lern-Sequenzen beschrieben werden kann. Es gibt aber auch Klassen, bei denen dieser Anteil lediglich bei 30% liegt. Es stehen noch Analysen aus, welche in diesen Stunden dominierenden Aspekte von unserem Kodiersystem nicht erfasst werden. Wenn wir in der einleitenden Zusammenfassung feststellen, dass sich die in konstruktivistischen Konzeptwechselansätzen vorgeschlagenen Lehr-Lern-Sequenzen in den von uns aufgezeichneten Unterrichtsstunden nur im eingeschränkten Maße beobachten lassen, so bezieht sich dies insbesondere auf den z.T. nur kleinen Anteil des Unterrichts, der mit den Phasen beschrieben werden kann.

Die signifikante Korrelation zwischen der Höhe des von unserem System beschriebenen Unterrichtsanteils und der Entwicklung der Leistung der Schülerinnen und Schüler in einem Schuljahr deutet aber darauf hin, dass die fünf von uns kodierten Phasen ein Kernstück eines effektiven Unterrichts sind, also eines Unterrichts, in dem das Lernen systematisch gefördert wird. Selbstverständlich muss dies Ergebnis an einer größeren Stichprobe von Klassen überprüft werden.

Werden Phasen beobachtet, so handelt es sich in der Regel nicht um eine Abfolge, die genau der Reihenfolge in Abb. 1 folgt. Vielmehr gibt es – wie es zu erwarten war – auf der Ebene der „Mikrostruktur“ des Unterrichts kurze, aber auch längere „Ausflüge“ zu anderen Phasen. Bemerkenswert scheint uns zu sein, dass

es unter den beobachteten Sequenzen rund 60% „vollständige“ Zyklen gibt – bei denen kurze Abschnitte anderer Phasen eingestreut sind. Aus Sicht der konstruktivistischen Lehr-Lern-Sequenzen ist allerdings als „Defizit“ zu konstatieren, dass häufig die Phase der rückschauenden Überprüfung und Bewertung der neu erworbenen Vorstellungen fehlt und dass sich an die Erarbeitung bisweilen keine Anwendungsphase anschließt.

In unserer Studie zu konstruktivistischen Lernumgebungen in der Praxis des Physikunterrichts (Widodo & Duit, 2004) hat sich gezeigt, dass die Erkundung und Berücksichtigung der vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler unzureichend aufeinander abgestimmt sind. Die Identifizierung der Phasen konstruktivistischer Lehr-Lern-Sequenzen in der hier vorgelegten Untersuchung und ihre Darstellung in Ablaufdiagrammen (Abb. 4) erlaubt es allein nicht, diese Abstimmung genauer unter die Lupe zu nehmen. Dies gelingt nur, wenn das Zusammenspiel auf der „Mikroebene“ des Unterrichts analysiert wird. Insbesondere ist zu untersuchen, ob die Phasen sinnvoll miteinander verbunden sind. Auch hier sind also weitere Analysen nötig, um die aus konstruktivistischer Sicht so wichtige Abstimmung von Erkunden der Schülervorstellungen und Anknüpfen an diesen Vorstellungen näher unter die Lupe zu nehmen.

Die vorliegenden Ergebnisse zur Videostudie Physik des IPN (Seidel et al., 2002; Prenzel et al., 2002; Duit, Müller, Tesch & Widodo, 2004) haben gezeigt, dass es große Unterschiede zwischen den Lehrkräften hinsichtlich ihrer Unterrichtsskripts gibt. Dies gilt auch für die Phasenstruktur des Unterrichts, die wir mit Hilfe unseres Kodiersystems untersucht haben. An zwei Beispielen haben wir gezeigt, wie unterschiedlich Unterricht strukturiert sein kann. Systematische Analysen zu diesem Aspekt stehen allerdings noch aus.

Zusammenfassend betrachtet, erlaubt das Kodiersystem wichtige Einblicke in die Phasenstruktur des Physikunterrichts in der „normalen“ Unterrichtspraxis. Es sind aber weitere Untersuchungen nötig, um das Potenzial der mit dem Kodiersystem möglichen Analysen auszuschöpfen. Der Ablauf der Phasen allein, wie er zum Beispiel den Diagrammen in Abbildung 4 entnommen werden kann, gibt nicht ausreichend Auskunft über die „Architektur“ des Unterrichts. Es müssen Untersuchungen hinzutreten, ob die einzelnen Phasen sinnvoll miteinander verbunden sind. Es wäre auch wichtig aufzuklären, welche Aktivitäten in dem Teil des Unterrichts vorherrschen, der nicht von unserem Kodiersystem zur Analyse konstruktivistischer Lehr-Lern-Sequenzen erfasst wird. Weiterhin sollte das bisher auf den englischsprachigen „main stream“ zu „conceptual change“ abgestimmte Referenzmodell für Lehr-Lern-Sequenzen (Abb. 1) ergänzt werden, um Ansätze, in denen die zweite Phase (Erkunden der Schülervorstellungen) bewusst vermieden wird, wie es zum Beispiel bei Wiesner (1995) der Fall ist.

Dank

Die hier vorgestellte Studie wurde vom DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst) durch ein Stipendium an Ari Widodo (2000 bis 2004) unterstützt. Die Videostudie des IPN wurde 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 Rimmel für sein Videoanalyseprogramm.

5 Literatur

- Biemans, H. J. A., Deel, O. R., & Simons, P. R.-J. (2001). Differences between successful and less successful students while working with the CONTACT-2 strategy. *Learning and Instruction*, 11, 265-282.
- Biemans, H. J. A., & Simons, P. R.-J. (1999). Computer-assisted instructional strategies for promoting conceptual change. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (Eds.), *New Perspectives on Conceptual Change* (pp. 247-262). Amsterdam: Pergamon.
- 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.
- Cosgrove, M., & Osborne, R. (1985). Lesson frameworks for changing children's ideas. In R. Osborne & P. Freyberg (Eds.), *Learning in Science: The Implications of Children's Science* (pp. 101-111). Auckland: Heinemann.
- Driver, R. (1989). Changing conceptions. In P. Adey, J. Bliss, J. Head & M. Shayer (Eds.), *Adolescent Development and School Science* (pp. 79-104). New York: The Falmer Press.
- Duit, R. (2000). Konzeptwechsel und Lernen in den Naturwissenschaften. In: R. Duit & Ch. v. Rhöneck (Hrsg), *Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung* (pp. 77-104). Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- 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. (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).
- Grayson, D. J. (1996). Concept substitution: A strategy for promoting conceptual change. D. F. Treagust, R. Duit & B.J. Fraser (Eds.), *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp. 152-161). New York: Teachers College Press.
- Hodson, D. (1993). Rethinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie*, 34 (April), 2-6.
- Lawson, A. E. (1989). Research on advanced reasoning, concept acquisition and a theory of science instruction. In P. Adey, J. Bliss, J. Head & M. Shayer (Eds.), *Adolescent Development and School Science* (pp. 11-38). New York: The Falmer Press.
- Lawson, A.E., Abraham, M.R. & Renner, J.W. (1989). A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. NARST Monograph Number One. Cincinnati: University of Cincinnati; National Association for Research in Science Teaching.
- 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.
- Nunez-Oviedo, M. C., Clement, J., & Rea-Ramirez, M. A. (2002, April). An instructional model derived from model construction and criticism theory. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans.
- Osborne, R. J., & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science and Education*, 67(4), 489-508.
- Osborne, R. J., & Wittrock, M. C. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12(1), 59-87.
- 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(2), 211-227.
- 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.
- 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>.
- Schecker, H. (1985). *Das Vorverständnis zur Mechanik*. Dissertation. Bremen: Universität Bremen.
- 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.
- Tytler, R. (2002). Teaching for understanding in science: Constructivist /conceptual change teaching approaches. *Australian Science Teachers Journal*, 84(4), 30-35.

- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction* 4, 45-69.
- Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual change to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20, 1213-1230.
- 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. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 232-254.
- Wiesner, H. (1995). Physikunterricht – an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert. *Unterrichtswissenschaften*, 23, 127-145.

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
E-Mail: widodo@upi.edu

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

Anhang 6

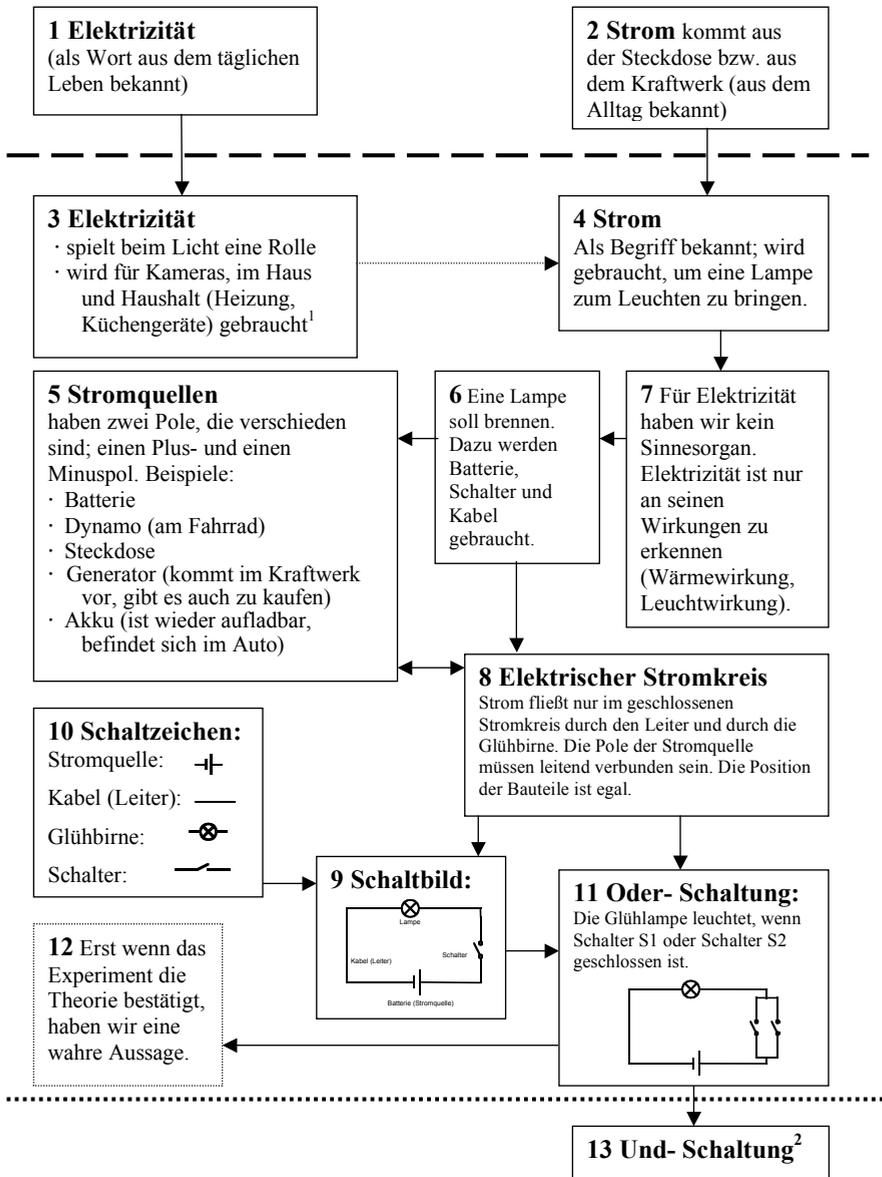


Abb. 5: Sachstruktur: Einführung in den Stromkreis von Lehrer 1

⁶ Zu den Sachstrukturdiagrammen: Die Pfeile stehen für sachlogische Abhängigkeiten. Oberhalb der gestrichelten Linie wird das Vorwissen aufgeführt, auf das der Lehrer explizit hinweist, unterhalb der gepunkteten Linie vom Lehrer explizit genanntes Wissen, das in der folgenden Stunde behandelt werden soll.

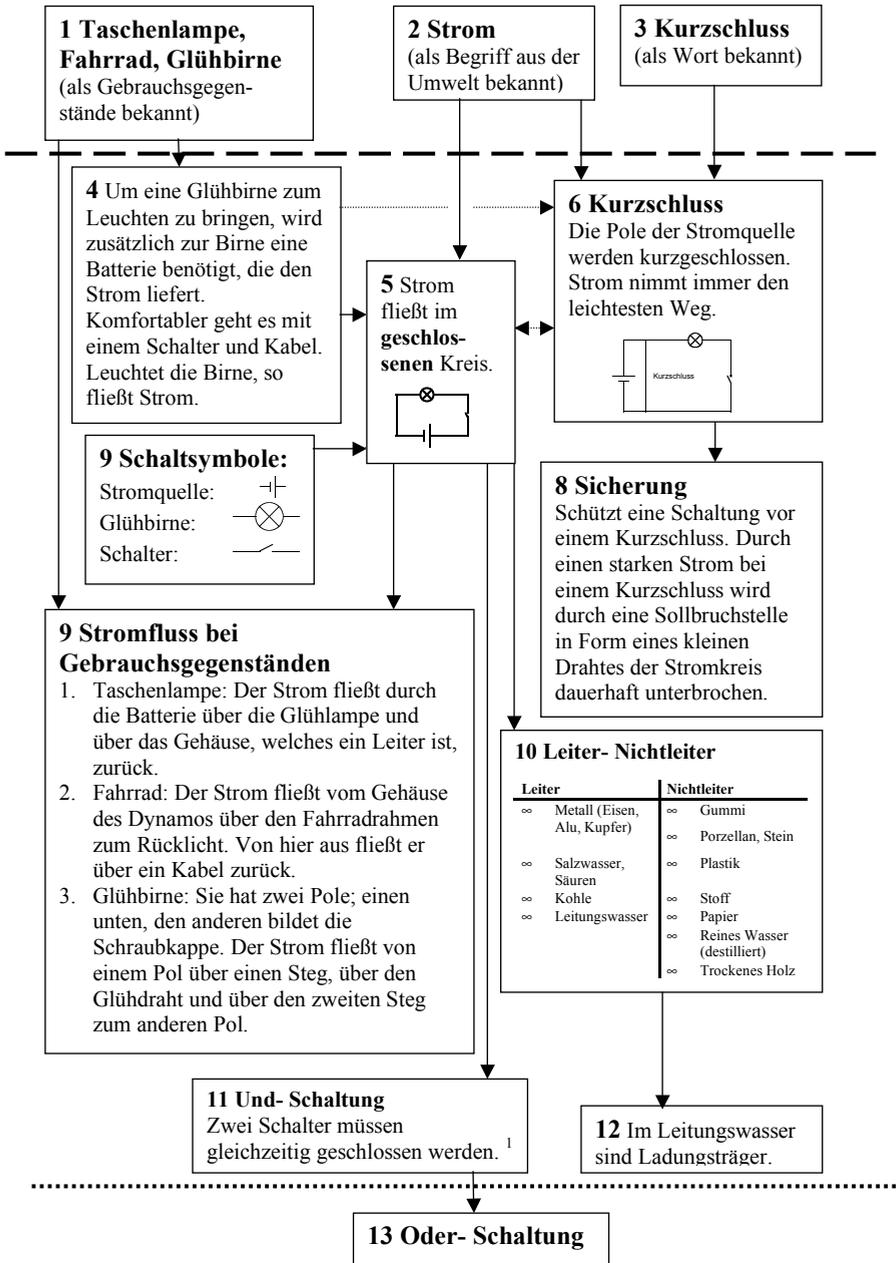


Abb. 6: Sachstruktur: Einführung in den Stromkreis von Lehrer 4